

Université de Montréal

Implantation d'un système de vidéosurveillance intelligente pour détecter les chutes en milieu de vie

par Nolwenn Lapierre

Direction : Jacqueline Rousseau, Ph.D, professeure titulaire, École réadaptation

Co-direction : Jean Meunier, PhD, professeur associé, département d'informatique et de
recherche opérationnelle

Programme de Sciences biomédicales

Option Sciences du vieillissement

Faculté de médecine

Université de Montréal

Thèse présentée à la Faculté des études supérieures
en vue de l'obtention du grade de Philosophiae Doctor (Ph.D.)

Sciences biomédicales

Option Sciences du vieillissement

Août 2018

© Lapierre, 2018

Résumé

Introduction. Le vieillissement de la population est associé à un risque accru de chute menaçant le maintien des aînés à domicile et dans la communauté. Les nombreuses conséquences néfastes des chutes sur la santé de l'aîné (ex : blessures) et sur son indépendance sont réduites lorsque la prise en charge postchute est rapide. Or les proches-aidants intervenant auprès des aînés en cas de chute ne sont pas assez nombreux et sont souvent conduits à l'épuisement en raison du fardeau lié aux soins apportés à l'aîné (Ducharme, 2006; Wolff et al., 2017; World Health Organization, 2015). L'élaboration d'alternatives pour détecter et alerter lors de chutes devient incontournable pour faciliter le maintien à domicile et dans la communauté en sécurité et pour maintenir une qualité de vie (van Hoof, Kort, Rutten, & Duijnste, 2011).

De nombreuses technologies de détection des chutes ont été développées. Cependant elles ont des limites (ex : l'enregistrement de données personnelles) que le système de vidéosurveillance intelligente (VSI) développé par notre équipe tente de compenser. La VSI est composée d'une caméra reliée à un ordinateur, lui-même relié à Internet. Basée sur une analyse informatisée de l'image, la VSI détecte automatiquement la chute et envoie une alerte au répondant choisi (ex : le proche-aidant) sur son cellulaire, son ordinateur ou sa tablette. Elle préserve la vie privée par son fonctionnement en circuit fermé : en absence de chute, les images sont détruites; lors d'une chute, une image de la chute est transmise au répondant, cette image peut être brouillée à la demande de l'aîné. Si l'aîné l'autorise, il est possible d'enregistrer les 30 secondes précédant la chute pour documenter ses causes. Les travaux antérieurs montrent que la VSI a le potentiel de répondre aux besoins des usagers (Lapierre et al., 2016, 2015; Londei et al., 2009; Rougier, St-Arnaud, Rousseau, & Meunier, 2011). Cependant, il importe de valider sa technologie et d'explorer la perception des usagers dans des conditions écologiques (à domicile auprès d'aînés chuteurs) (Atoyebi, Stewart, & Sampson, 2015).

But de l'étude. Basé sur le Modèle de compétence expliquant les relations personne-environnement (Rousseau, 2017), cette thèse a pour but d'explorer la faisabilité de

l'implantation de la VSI pour détecter les chutes à domicile afin d'améliorer la qualité de vie de l'aîné et diminuer le fardeau du proche-aidant.

Méthodologie. La thèse suit un devis de recherche de développement (Contandriopoulos, Champagne, Potvin, Denis, & Boyle, 2005) en quatre étapes.

L'étape 1 consistait en deux revues de la portée (Daudt, Van Mossel, & Scott, 2013) traitant respectivement des technologies de détection des chutes et des technologies de gestion de l'errance. Plusieurs banques de données ont été explorées (ex : CINHALL, Medline, Embase). Chaque étape de sélection des études, puis d'extraction et d'analyse des données a été réalisée indépendamment par deux co-auteurs. Leurs résultats ont été comparés et les désaccords ont été résolus par consensus ou par l'intervention d'un tiers. Les données extraites ont été analysées de façon descriptive (Fortin & Gagnon, 2015).

L'étape 2 était une étude de cas multiples (Yin, 2014) auprès de six aînées chuteuses vivant seules, concernant l'implantation à domicile d'une version préalable à la VSI, la vidéosurveillance programmable (VSP). La VSP a été installée durant sept nuits chez les participantes pour observer leurs déplacements lors des levés la nuit pour aller à la toilette. Des entrevues semi-structurées ont été réalisées avant puis après l'expérimentation. Les données ont été analysées qualitativement (Miles, Huberman, & Saldana, 2014; Yin, 2014).

L'étape 3 était une preuve de concept en deux phases : 1) une étude de simulation en appartement-laboratoire (Contandriopoulos, Champagne, Potvin, Denis, & Boyle, 2005) et 2) un pré-test au domicile de jeunes adultes. La phase 1 impliquait la simulation de scénarios de la vie quotidienne et de scénarios de chutes afin d'estimer la sensibilité, la spécificité, le taux d'erreur et la précision de la VSI. Le pré-test consistait en l'implantation de la VSI à domicile pendant 28 jours afin d'anticiper les difficultés technologiques liées à une implantation prolongée. Pour les deux phases, un journal de bord a été complété afin de documenter le fonctionnement de la VSI puis les données ont été analysées descriptivement.

L'étape 4 était une étude de cas multiples (Yin, 2014) auprès de trois dyades aînés/proches-aidants. Les aînés inclus, présentant un risque de chute élevé, vivaient seuls à domicile. La VSI était implantée pour deux mois, avec le proche-aidant comme destinataire des alertes. Une entrevue semi-structurée était réalisée, avant, à mi-parcours et après

l'expérimentation. Les données ont été analysées qualitativement (Miles, Huberman, & Saldana, 2014; Yin, 2014).

Résultats. Les résultats ont abouti à l'adaptation de la VSI pour explorer la faisabilité de son implantation à domicile afin de détecter les chutes graves. L'étape 1 a souligné les lacunes dans la littérature, dont certaines ont été comblées par le projet de thèse (ex : manque d'étude explorant l'implantation de systèmes ambiants dans des domiciles variés). Cette étape a aussi permis d'identifier les façons de bonifier la VSI et sa procédure d'implantation. L'étape 2 a mis en évidence des facteurs pouvant faciliter ou freiner l'implantation de systèmes de caméras à domicile. L'étape 3 a permis de valider la technologie de la VSI dans un environnement similaire à celui de l'aîné et de résoudre les problèmes techniques liés à l'implantation prolongée du système. Enfin, l'étape 4 a permis d'explorer la faisabilité de l'implantation de la VSI au domicile d'aînés chuteurs pendant une période de deux mois.

Discussion. Cette recherche de développement a permis d'adapter la VSI pour son implantation grâce à plusieurs étapes de recherche (des revues de la portée, une preuve de concept, étude de cas multiple) puis de montrer la faisabilité de son implantation. Les résultats ont abouti à l'identification de facteurs influençant l'implantation de la VSI à domicile et ont permis d'émettre des recommandations à cet égard. Cette recherche est originale notamment sur trois aspects : 1) l'implication d'une équipe multidisciplinaire, 2) une conception technologique centrée sur l'utilisateur, 3) l'implantation à domicile de la technologie. Même si des défis persistent quant à son implantation à domicile (ex. réduire l'écart de performance du système entre l'appartement-laboratoire et le domicile), cette étude encourage la poursuite du développement de la VSI.

Conclusion. Cette thèse visait à répondre à la problématique des chutes des aînés à domicile grâce à l'implantation d'un système de vidéosurveillance intelligente pour alerter automatiquement le proche-aidant. Les résultats de cette recherche de développement, soulignent que la VSI serait une avenue prometteuse pour détecter les chutes graves, alerter le proche et documenter la cause des chutes. Les futures recherches sur l'implantation de technologies similaires devraient impliquer des devis de recherche quantitatifs, avec notamment des profils plus variés de proches-aidants et une implantation plus longue pour démontrer les effets de la VSI. La VSI pourrait ensuite devenir accessible aux aînés afin de

soutenir leur maintien à domicile et dans la communauté et soulager le fardeau des proches-aidants.

Mots-clés : Personnes âgées, chute, maintien à domicile, proche-aidant, technologie, vidéosurveillance, caméra.

Abstract

Introduction. Aging is associated with an increased risk of fall, which threatens *Aging in Place*. The numerous and serious consequences of falls on the older adult's health and independence are reduced with a quick intervention. Yet the informal caregivers, who often intervene in case of a fall are not numerous enough and are often worn out because of the burden related to the care provided for the older adult (Ducharme, 2006; Wolff et al., 2017; World Health Organization, 2015). The development of alternatives to detect and alert in case of a fall becomes essential to facilitate *Aging in Place* in safety and to maintain a quality of life (van Hoof, Kort, Rutten, & Duijnste, 2011).

Many fall detection systems have been developed. However, they have limits (eg. the recording of personal data), that the intelligent videomonitoring system (IVS) tries to compensate. The IVS is composed of one camera linked to a computer and to the Internet. Based on the computerized analysis of the images, the IVS automatically detects falls and sends an alert to the chosen recipient (eg. the informal caregiver) on his smartphone, computer or tablet. The IVS preserves privacy with its closed circuit functioning: without a fall, the images are destroyed; in case of a fall, an image of the fall can be sent to the recipient. This image can be blurred at the request of the older adult. The 30 seconds before the fall can be recorded to document its causes, if the older adult authorizes it. Previous studies on the IVS show that the IVS has the potential to answer the users' needs (Lapierre et al., 2016, 2015; Londei et al., 2009; Rougier, St-Arnaud, Rousseau, & Meunier, 2011). However, it is important to validate its technology and explore users' perception in ecological conditions (at home with older adults at risk of fall) (Atoyebi, Stewart, & Sampson, 2015).

Purpose. Based on the Model of Competence explaining the person-environment interactions (Rousseau, 2017), the study aims to explore the feasibility of the IVS implementation to detect falls at home in order to improve the older adult's quality of life and decrease the caregiver's burden.

Methodology. The thesis follows a development research design (Contandriopoulos, Champagne, Potvin, Denis, & Boyle, 2005) in four steps.

Step 1 was two scoping reviews (Daudt, Van Mossel, & Scott, 2013) on fall detection technology and on wandering management technology respectively. Many databases have been searched (eg. CINAHL, Medline, Embase). Each step of the study selection, data extraction and analysis have been independently realised by two co-authors. Results were compared and disagreements were solved by consensus or by a third part intervention. Extracted data were descriptively analysed (Fortin & Gagnon, 2015).

Step 2 was a multiple case study (Yin, 2014) with six older adults living alone with a risk of fall, on the implementation of a previous version of the IVS, the programmable videomonitoring system. The programmable videomonitoring system was installed for seven nights at home to observe participants walk when they went to the bathroom at night. Semi-structured interviews were realised before and after the experiment. Data were qualitatively analysed (Miles, Huberman, & Saldana, 2014).

Step 3 was a proof of concept in two phases: 1) a simulation study in an apartment-laboratory (Contandriopoulos, Champagne, Potvin, Denis, & Boyle, 2005) and 2) a pre-test at home with young adults. Phase 1 implied a simulation of daily living scenarios and falls scenarios to estimate the sensitivity, specificity, error rate and accuracy of the IVS. The pre-test consisted in the implementation of the IVS at home for 28 days to anticipate the technological difficulties related to extended implementation. For the two phases, a logbook was completed to document the IVS functioning, then data were descriptively analysed.

Step 4 was a multiple case study (Yin, 2014) with three dyads of older adults/caregivers. The included older adults had a high risk of fall and lived alone. The IVS was implemented for a two-month period with the informal caregiver as the alerts recipient. A semi-structured interview was realised before, at mid-term, and after the experiment. Data were qualitatively analysed (Miles, Huberman, & Saldana, 2014).

Results. Results encompass the adaptation of the IVS to explore the feasibility of its implementation at home to detect serious falls. Step 1 highlighted the gaps in the literature, some of which were filled by the thesis project (eg. lack of studies exploring the implementation of ambient system in various homes). This step also enabled us to identify ways to improve the IVS and its implementation process. Step 2 highlighted factors

facilitating or hindering the implementation of cameras system at home. Step 3 has enabled us to validate the technology in a similar environment to the older adult's home and to solve technical difficulties related to the prolonged implementation. Finally, step 4 enabled us to explore the feasibility of the implementation of the IVS at older adults' home for a two-month period.

Discussion. This development research enabled us to adapt the IVS for its implementation by means of four research steps (scoping reviews, proof of concept, multiple case study), and then to show the feasibility of its implementation. Results led to the identification of factors influencing the IVS at home and enabled us to make recommendations in this regard. This thesis is original on three aspects: 1) the implication of a multidisciplinary team, 2) a user-based conception, 3) the implementation of the technology at home. Despite the remaining challenges regarding the implementation (eg. the performance discrepancy between the home and the apartment-laboratory), this study encourages the further development of the VSI.

Conclusion. This thesis aimed to address the problematic of falls at home thanks to the implementation of the IVS to automatically alert the informal caregiver. Results from this development research highlight that the IVS may be a promising way to detect serious falls, to alert the caregiver and document the falls causes. Future researches should be involving quantitative designs, more specifically with more various profiles of informal caregivers and a longer period of implementation, to demonstrate the IVS outcomes. The IVS could then become accessible to the older adult to support Aging in place and relieve the caregiver's burden.

Keywords : Older adult, fall, aging-in-place, home care, caregiver, technology, video monitoring, camera.

Table des matières

Résumé	i
Abstract	v
Liste des tableaux	xi
Liste des figures	xiii
Liste des abréviations et sigles	xv
Remerciements	xvii
Introduction	1
CHAPITRE 1. RECENSION DES ÉCRITS	5
1.1. Vieillissement de la population	6
1.1.1. Vieillissement démographique	6
1.1.2. Conséquences du vieillissement	7
1.2. Vieillissement et maintien à domicile	10
1.2.1. Concept <i>Aging in place</i>	10
1.2.2. Problématiques liées au maintien à domicile	11
1.2.3. Proches-aidants	13
1.3. Technologie : voie prometteuse pour le maintien à domicile et dans la	
communauté	14
1.3.1. Systèmes de surveillance (<i>monitoring technologies</i>) à domicile	15
1.3.2. Vidéosurveillance intelligente (VSI)	19
1.3.3. Évaluation des gérontechnologies	22
1.4. Modèles théoriques	24
1.4.1. Modèles en lien avec l'implantation	24
1.4.2. Modèles en lien avec les technologies	26
1.4.3. Choix et description du cadre conceptuel	27
1.5. Pertinence de l'étude	29
CHAPITRE 2. MÉTHODOLOGIE	32

2.1. Méthodologie générale.....	33
2.2. Synthèse des méthodologies	34
2.3. Considérations éthiques	43
CHAPITRE 3. RÉSULTATS	45
3.1. The state of knowledge on technologies and their use for fall detection : A scoping review (article 1).....	47
3.2. What do we know about technologies for dementia-related wandering? A scoping review (article 2).....	102
3.3. A methodology of implementing a videomonitoring system for community-dwelling elderly (article 3)	134
3.4. Elderly women’s perceptions of a videomonitoring system for analysing the person-environment interaction at home (article 4)	138
3.5. An intelligent video-monitoring system to detect falls: A proof of concept. (article 5)	162
3.6. Implementing an intelligent videomonitoring system to detect falls of older adults at home: a multiple case study (article 6).....	194
CHAPITRE 4. DISCUSSION GÉNÉRALE.....	232
4.1. Retour sur la question de recherche générale	233
4.1.1. Implantation de la VSI et recherche de développement	233
4.1.2. Les apports de chaque étape.....	234
4.2. Facteurs influençant l’implantation de la VSI au domicile d’ânés	242
4.2.4. Les facteurs liés aux interactions personne-environnement	249
4.3. Considérations conceptuelles en lien avec l’implantation de la VSI.....	251
4.4 Limites et forces de la thèse	253
4.4.1. Limites	253
4.4.2. Forces	254
4.5. Recommandations pour de futures implantations.....	256
4.6. Perspectives de recherches futures.....	258
Conclusion	261
Bibliographie.....	i
Annexe 1 : Critères de sélection des revues de la portée	xx

Annexe 2 : Variables collectées pour l'étape 2 et l'étape 4	xxii
Annexe 3 : Guide d'entrevue de l'étape 2.....	xxiv
Annexe 4 : Guides d'entrevue étape 4	xxix
Annexe 5 : Approbation éthique de l'étape 2	li
Annexe 6: Approbation éthique et convenance institutionnelle pour les étapes 3 et 4	liii
Annexe 7 : Formulaire de consentement de l'étape 2	lvii
Annexe 8 : Formulaire de consentement de l'étape 3	lxiv

Liste des tableaux

ARTICLE 1

Table 1. Fall detection technologies: identification and sources	93
Table 2. Settings and participants of the studies	96
Table 3. <i>Technology Readiness Level (TRL)^a</i>	98
Table 4. <i>Implementation barriers</i>	99

ARTICLE 2

Table s1. Peer-reviewed Literature Search Strategy	129
Table s2. Grey Literature Search Strategy	132

ARTICLE 4

Table 1. Participant profiles	156
Table 2. Changes in behaviour	157
Table 3. Changes in participants' perceptions of the VS	158

ARTICLE 5

Table 1. Trigger range for movement detection (%)	183
Table 2. Scenarios and operations in the bedroom	184
Table 3. Scenarios and operations in the bathroom	185
Table 4. Scenarios and operations in the kitchen	186
Table 5. Scenarios and operations in the living room	187
Table 6. Scenarios and operations in the corridor	188
Table 7. IVS performance	189

ARTICLE 6

Table 1. Presentation of the cases	223
Table 2. Comparison T0/T4	225

Table 3. IVS performance per type of home.....	227
Table 4. Implementation considerations	228
Table 5. Suggestions of feature development for the IVS ^a	231

Liste des figures

CHAPITRE 1 : RECENSION DES ÉCRITS

<i>Figure 1.</i> Exemple de traitement d'image offert par la VSI pour protéger la vie privée.....	20
---	----

CHAPITRE 2: MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE

<i>Figure 2 :</i> Étapes du devis de recherche de développement.....	33
<i>Figure 3.</i> Déroulement de l'implantation à domicile.....	41
<i>Figure 4.</i> Exemple d'alerte envoyée avec une image traitée pour respecter la vie privée de l'ainé.	42

CHAPITRE 3: RÉSULTATS

Article 1.

<i>Figure 1.</i> Study selection process based on Daudt et al. (2015).	90
<i>Figure 2.</i> Number of publications each year per type of technology.	91
<i>Figure 3.</i> Number of publications per type of outcome for each category of technology.	92

Article 3.

<i>Figure 1.</i> Video monitoring system.....	137
---	-----

Article 4.

<i>Figure 1 :</i> Operationalization of the Model of Competence based on Rousseau et al. (Rousseau et al., 2002).	159
<i>Figure 2 :</i> Example of the VS in a participant's home.....	160
<i>Figure 3 :</i> Example of image processing with the AVS Video Converter© software (Online Media Technologies Ltd., s. d.).	161

Article 5.

<i>Figure 1 :</i> Example of image processing to protect privacy in the bathroom.....	190
<i>Figure 2 :</i> Plan of the apartment-laboratory.....	191
<i>Figure 3 :</i> Plan of the home.....	192

<i>Figure 4</i> : Examples of IVS set-up in the apartment-laboratory (left) and the home (right).....	192
---	-----

<i>Figure 5</i> : Example of an alert received by e-mail after fall detection in the bathroom.....	193
--	-----

Article 6.

<i>Figure 1.</i> Examples of image processing offered to participants to protect their privacy in the alert sent to their caregivers.....	220
---	-----

<i>Figure 2.</i> Example of the IVS installation (dyad 1).	221
--	-----

<i>Figure 3.</i> Example of an alert received by the informal caregiver.....	222
--	-----

Liste des abréviations et sigles

ABC-scale : *Activities-specific Balance Confidence Scale*

E : Taux d'erreur

e.g. : exempli gratia

etc. : et caetera

Ex : Exemple

FES-I : Fall Efficacy Scale - International

FN : Faux négatif

FP : Faux positif

GPS : *Global Positioning System*

i.e. : id est

MoCa : *Montreal Cognitive Assessment*

P : Précision

OMS : Organisation mondiale de la santé

SAFE : *Survey of Activities and fear of falling in the Elderly*

SCPD : Symptômes comportementaux et psychologique de la démence

Se : Sensibilité

Sp : Spécificité

TAM : *Technology Acceptance Model*

TRL : Technology Readiness Level

VN : Vrai négatif

VP : Vrai positif

VSI : Vidéosurveillance intelligente

VSP : Vidéosurveillance programmable

*À mes grands-parents et arrière-grands-parents,
pour avoir suscité en moi une vocation inébranlable*

Remerciements

Je tiens, tout d’abord, à adresser mes plus sincères remerciements à ma directrice de recherche Jacqueline Rousseau. Depuis ma première expérience de recherche au sein du laboratoire REPERE (laboratoire RElation PERsonne-Environnement au Centre de recherche de l’Institut universitaire de gériatrie de Montréal, CRIUGM), vous n’avez eu de cesse de m’encourager et de m’enseigner patiemment la rigueur scientifique nécessaire à une carrière de recherche. Mille mercis pour toutes les opportunités que vous m’avez données, pour la confiance que vous m’avez accordée, pour vos précieux conseils et pour votre patience lors de la révision de mes écrits. Merci pour votre encadrement et votre accompagnement tout au long de ma formation et plus particulièrement lors des moments de découragements.

Je souhaite aussi remercier le professeur Jean Meunier du Département d’Informatique et de Recherche Opérationnelle (DIRO). Merci de m’avoir fait découvrir le monde des technologies et du traitement informatisé de l’image avec une incroyable pédagogie et une grande patience.

J’adresse un grand merci à Alain St-Arnaud pour sa persévérance dans le recrutement de participants lors de la dernière étape de ce projet de thèse, pour sa vision clinique sur l’ensemble du projet, mais aussi pour son aide lors de mon installation à Montréal.

Tout au long de mes études, et ce, jusqu’à la fin de mes études doctorales, j’ai eu la chance de bénéficier de l’enseignement de professeurs désireux de transmettre leur savoir et leurs compétences; je les remercie chaleureusement. Merci à l’ensemble des membres du jury d’avoir accepté d’évaluer ma thèse. Leurs retours sur mon travail, j’en suis convaincue, enrichira ma formation.

Merci à la Fondation Marcel Bleustein Blanchet qui a été la première instance de financement à croire en moi et en mon projet de doctorat. Je remercie aussi le CRIUGM associé au réseau AGE-WELL ainsi que la Faculté des études supérieures pour les bourses qu’ils m’ont décernée afin de poursuivre ma formation doctorale. Enfin, je remercie la faculté de médecine de l’UdeM, le Réseau Québécois de Recherche sur le Vieillissement (RQRV) et

l'Association Canadienne de Gérontologie d'avoir financé ma participation à des congrès nationaux et internationaux pour y présenter les résultats de cette thèse.

Lors de mon expérience au CRIUGM, j'ai eu la chance d'être entourée de professionnels non seulement extrêmement compétents, mais aussi d'une grande bienveillance. Merci   Johane Landry pour son accueil le jour de mon arrivée, pour avoir crée une ambiance de travail joyeuse au centre de recherche et pour ses conseils avisés jusqu'au premier jour de sa retraite. Mille merci à Nadia, pour son aide pour le recrutement lors des différentes phases de ce projet et pour ses encouragements continus. Et un merci spécial à Sylvie Bourchard dont la joie de vivre constante au cours de mes années de formation a ensoleillé mes journées de travail au centre de recherche. Merci à mes collègues étudiants et amis: Maxime Montembeault, Alicia Ruiz, Nathalie Tran et Agathe Lorthios-Guilledroit pour ces heures de travail marquées par l'entraide et la bonne humeur.

Je tiens enfin à remercier mes proches sans qui je n'aurais probablement pas pu faire face aux obstacles rencontrés lors de ce doctorat. Merci à mes amis ici à Montréal : Delphine, Marie et Bahareh qui ont contribué à me faire me sentir chez moi loin de mon pays et qui m'ont soutenue tout au long de mon processus doctoral, chacune à sa façon. Merci   Tiphaine et Pauline pour leur amitié à distance, leurs encouragements et leurs relectures de cette thèse. Je remercie sincèrement ma mère pour son soutien financier, ses encouragements, ses relectures et son soutien moral sans faille malgré la distance et les heures de décalage. Enfin, je tiens à remercier Florian, mon merveilleux mari qui a fait de très nombreux sacrifices pour me permettre de mener ce doctorat à terme.

Introduction

Le vieillissement de la population s'accélère. Selon l'Organisation mondiale de la Santé (Organisation mondiale de la Santé, 2016), les aînés représenteront 28% de la population mondiale en 2050. Ce phénomène touche aussi le Canada qui comptera 9,5 millions d'aînés en 2030 (Gouvernement du Canada, 2014) et le Québec dont 26% de la population aura 65 ans et plus en 2031 (Gouvernement du Québec, 2018). La population âgée est particulièrement à risque de développer des déficiences physiques, sensorielles et cognitives augmentant leur risque d'errance et de chute: 30% des aînés chutent chaque année (Organisation mondiale de la Santé, 2016) et plus de 60% des aînés atteints de la maladie d'Alzheimer vont manifester de l'errance (Alzheimer's disease international, 2016). L'errance entraîne de la fatigue, des blessures et un risque de chute accru (Cipriani, Lucetti, Nuti, & Danti, 2014). Les conséquences des chutes sont nombreuses et graves telles que les blessures et les hospitalisations; elles précipitent l'institutionnalisation et peuvent conduire jusqu'au décès (Agence de santé publique du Canada, 2014; World Health Organization, 2008). L'ensemble des conséquences des chutes, qu'elles soient physiologiques, psychologiques ou financières, s'aggravent lorsque l'aîné ne peut se relever seul après la chute (Bloch, 2015). Or, les aînés, notamment les plus âgés, restent fréquemment immobilisés au sol après une chute (Fleming, Brayne, & Cambridge City over-75s Cohort study collaboration, 2008; Tinetti, Liu, & Claus, 1993). Appeler à l'aide après la chute est impossible pour certains aînés, parce qu'ils peuvent être inconscients après la chute, qu'ils oublient de porter leurs dispositifs d'alerte ou encore parce que leurs capacités cognitives ne le leur permettent pas (Fleming, Brayne, & Cambridge City over-75s Cohort study collaboration, 2008).

Le contexte spécifique québécois fait émerger d'autres difficultés de prise en charge liées aux soins en régions éloignées, aux restrictions budgétaires que connaissent les services de soins à domicile (Loi 10 qui, entre autres, vise à rationaliser les coûts de systèmes de santé et de services sociaux) et au nombre limité de place en hébergement. Ces limitations à l'accès aux soins sont souvent compensées par les proches-aidants informels (aidants non professionnels) (Caron & Ducharme, 2007; Faes et al., 2010). Les chutes de l'aîné deviennent une inquiétude majeure pour eux; ils vont alors augmenter la fréquence de leurs visites chez

l'aîné et le laisseront seul le moins souvent possible, ce qui a pour conséquence de considérablement augmenter leur fardeau (Dow, Meyer, Moore, & Hill, 2013; Meyer et al., 2012). L'élaboration d'alternatives facilitant le maintien à domicile et dans la communauté dans des conditions sécuritaires devient une nécessité pour améliorer la qualité de vie des aînés et de leurs proches-aidants (van Hoof, Kort, Rutten, & Duijnste, 2011).

Détecter et alerter rapidement après une chute à domicile devient donc primordial. Les pronostics de survie et d'hospitalisation postchute s'améliorent avec une prise en charge rapide (Donald & Bulpitt, 1999; Fleming, Brayne, & Cambridge City over-75s Cohort study collaboration, 2008). Or, 70% des chutes causant des blessures surviennent à domicile (Direction générale de la santé publique du ministère de la Santé et des Services sociaux, 2012). Les technologies de détection des chutes sont prometteuses pour répondre à cette problématique, mais les systèmes existants ont des limites freinant leur utilisation (Mubashir, Shao, & Seed, 2013). Les systèmes fixes (ex. : cordelettes d'alerte fixées au mur) ne peuvent être utilisés quand l'aîné est immobilisé au sol suite à la chute. Les aînés peuvent oublier ou refuser de porter les systèmes portatifs à cause de leurs nombreuses fausses alertes, ou parce qu'ils sont encombrants. Quant aux systèmes ambiants (technologies intégrées dans l'environnement, non portées par l'aîné, ex : les caméras), ils soulèvent des questionnements éthiques car ils enregistrent des données de la vie quotidienne en continu (ex. : habitude de vie) (Comité national d'éthique sur le vieillissement, 2015). De plus, selon Chaudhuri et al. (2014), peu de systèmes ambiants ont été étudiés auprès d'aînés chuteurs vivant à domicile (Chaudhuri, Thompson, & Demiris, 2014). D'autres technologies ambiantes (hors détection des chutes) ont cependant été implantées à domicile avec succès et ont montré que ce type de technologie est prometteur (Chen, Harniss, Patel, & Johnson, 2014). Développer un système ambiant détectant automatiquement les chutes et l'implanter à domicile répondrait donc à un besoin dans la prise en charge des aînés, à la fois pour l'aîné et pour son proche-aidant, et permettrait de combler un manque évident dans la littérature.

À cet effet, le laboratoire REPERE (laboratoire RELation PERsonne-Environnement au CRIUGM) dirigé par la professeure Jacqueline Rousseau (expertise en réadaptation et maintien à domicile des aînés) et le professeur Jean Meunier du département d'informatique et de recherche opérationnelle de l'Université de Montréal (expertise: traitement informatisé de

l'image), en collaboration avec un clinicien du CIUSSS de l'Est-de-l'Île-de-Montréal, le neuropsychologue Alain St-Arnaud (expertise: maintien à domicile des aînés) ont développé la vidéosurveillance intelligente (VSI) afin de pallier ces lacunes. Ce système a été conçu pour détecter automatiquement les chutes et envoyer immédiatement une alerte à la personne choisie par l'aîné (ex.: le proche-aidant) en respectant la vie privée grâce à son fonctionnement en circuit fermé (Rougier, St-Arnaud, Rousseau, & Meunier, 2011). Pour faciliter l'acceptation d'un tel système à domicile, il est essentiel de prendre en compte les interactions entre l'aîné et son environnement humain (ex.: le proche-aidant) et non humain (le domicile et la VSI) telles quelles sont expliquées par le modèle théorique dans lequel s'inscrit ce projet: le Modèle de compétence (Delahoz & Labrador, 2014; Rousseau, 2017). L'opinion des usagers potentiels a été explorée: 92% (n=24/25) des aînés et 83,3% (n=17/18) des proches-aidants y sont favorables; les professionnels de la santé et les gestionnaires de services de soins à domicile ont relevé de nombreux avantages à son utilisation potentielle (Lapierre et al., 2016, 2015; Londei et al., 2009). La faisabilité de l'implantation en milieu écologique (à domicile avec des aînés chuteurs) doit à présent être explorée afin d'ajuster le système aux besoins et préférences des usagers et de le leur rendre accessible.

La présente thèse, constituée de plusieurs études, a donc pour but d'explorer la faisabilité de l'implantation d'une nouvelle technologie, la vidéosurveillance intelligente (VSI). En détectant les chutes, cette technologie permet d'en réduire les conséquences tout en respectant la vie privée. La thèse vise à valider la technologie du système et à l'adapter au contexte du domicile pour favoriser le maintien à domicile des aînés et améliorer leur qualité de vie et celle des proches-aidants. Pour répondre à son objectif général, la thèse se compose de quatre chapitres. Le premier chapitre présente la recension des écrits. Le vieillissement et ses conséquences sur le maintien à domicile des aînés y sont décrits, les technologies pouvant faciliter le maintien à domicile y sont présentées, enfin les modèles conceptuels en lien avec la problématique sont expliqués.

Le deuxième chapitre expose la méthodologie générale de la thèse incluant la question de recherche et le devis de recherche général. Pour répondre à la question de recherche, quatre étapes de recherche ont été conduites. La synthèse des méthodes des quatre étapes est exposée dans ce deuxième chapitre. Le troisième chapitre présente les résultats de recherche sous

forme d'articles originaux. Six articles sont présentés : les deux premiers consistent en deux revues de la portée respectivement sur les technologies de détection de chute et de gestion de l'errance; le troisième et le quatrième articles présentent les résultats d'une étude qualitative sur la perception de femmes âgées chuteuses à propos d'un système de vidéosurveillance programmable (VSP, étape préalable à la VSI); le cinquième article correspond à une preuve de concept de la VSI; enfin le sixième article présente les résultats d'une étude de cas multiples sur l'implantation de la VSI au domicile d'aînés chuteurs. Le quatrième chapitre porte sur la discussion générale des résultats en lien avec la littérature scientifique. Les facteurs d'implantation et les liens avec les cadres conceptuels y sont discutés. Les forces et limites de la thèse sont présentées, suivies de recommandations pour l'implantation de la vidéosurveillance intelligente et de perspectives de recherche futures.

Les résultats du projet de doctorat présentent le potentiel d'assurer la sécurité de l'aîné et d'améliorer sa qualité de vie et celle du proche-aidant en atténuant les conséquences des chutes sur l'aîné, sur le système de santé et sur le fardeau du proche-aidant. Les résultats de ce projet multidisciplinaire participent à l'avancement des connaissances dans le domaine du maintien à domicile à l'aide des technologies. Il représente une innovation méthodologique par son intersectorialité et la considération des opinions des usagers avant et pendant la conception de la technologie.

CHAPITRE 1. RECENSION DES ÉCRITS

La recension des écrits présente le contexte de cette thèse : le vieillissement de la population et ses conséquences sont présentés en section 1.1. ; suivis par le maintien à domicile des aînés en section 1.2. ; ensuite les technologies visant le maintien à domicile sont exposés en section 1.3. ; les modèles théoriques en lien avec la problématique sont expliqués en section 1.4.; enfin, la recension des écrits se termine par la pertinence de l'étude à la section 1.5.

1.1. Vieillissement de la population

1.1.1. Vieillissement démographique

Le vieillissement démographique est un phénomène mondial : selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) (2016), les aînés représenteront 28% de la population mondiale en 2050. En Europe occidentale, en Chine ou encore au Chili, ils représenteront 30% de la population (Organisation mondiale de la Santé, 2016). Au Canada, ils étaient 6 millions en 2014 et seront 9,5 millions en 2030 (Agence de santé publique du Canada, 2014; Gouvernement du Canada, 2014); ce qui représente 23% de la population canadienne. Actuellement, les aînés de 65 ans et plus représentent 22% de la population italienne, 27% de la population japonaise et 18% de la population québécoise et française (Institut de la statistique du Québec, 2016). Au Québec, ils représenteront 26% de la population en 2031, ce qui correspond à plus de 861 000 personnes (Gouvernement du Québec, 2012; Institut de la statistique du Québec, 2016). Ainsi, le vieillissement de la population s'accélère et a des conséquences individuelles et sociétales significatives (Organisation mondiale de la Santé, 2016).

1.1.2. Conséquences du vieillissement

Le vieillissement peut être défini comme un ensemble d'altérations biologiques entraînant des changements physiologiques et sociaux (ex : changement rôle social) (Organisation mondiale de la Santé, 2016). Même si les aînés bénéficient d'une meilleure santé que les générations précédentes, le vieillissement s'accompagne de déficiences physiques, sensorielles et cognitives (Gouvernement du Canada, 2014; Organisation mondiale de la Santé, 2016). Les pertes sensorielles associées à l'âge sont fréquentes et comprennent les pertes visuelles, auditives et proprioceptives (Albaret & Aubret, 2001). Ainsi les troubles auditifs, par exemple, touchent plus de 180 millions d'aînés dans le monde (Organisation mondiale de la Santé, 2016). Ces pertes sensorielles ont un impact négatif tant sur le fonctionnement des aînés que sur leur qualité de vie (ex : elles peuvent être à l'origine d'anxiété ou de dépression) (Keller, Morton, Thomas, & Potter, 1999; Organisation mondiale de la Santé, 2016; Wallhagen, Strawbridge, Shema, Kurata, & Kaplan, 2001).

En outre, les déficiences physiques, liées au vieillissement, engendrent fréquemment des troubles de la mobilité et de l'équilibre : la vitesse de marche, la coordination et la proprioception diminuent avec l'âge (Agence de santé publique du Canada, 2014; Organisation mondiale de la Santé, 2016). Ce phénomène se traduit par l'usage d'aides techniques à la mobilité (ex : cannes) : 24% des aînés utilise ces aides techniques pour compenser les limites de leur mobilité (Gell, Wallace, LaCroix, Mroz, & Patel, 2015). Ces difficultés de mobilité, que les aînés utilisent ou non une aide technique, entraînent une augmentation du risque de chute et des limites dans la réalisation des activités quotidiennes (Agence de santé publique du Canada, 2014).

Enfin, les troubles cognitifs affectent de nombreux aînés (Moyer, 2015; Organisation mondiale de la Santé, 2016). Ils comprennent une dégradation du langage, de la mémoire, du jugement et de l'attention (Ataollahi, Mun, Ng, & Hamid, 2015). Les troubles cognitifs peuvent être qualifiés de légers lorsqu'ils n'entravent pas les activités quotidiennes de l'aîné; ils touchent alors entre 3% et 42% des aînés (Moyer, 2015). Cependant, ils peuvent évoluer vers des troubles plus importants dans le cadre des démences (Moyer, 2015). Une des causes

de troubles cognitifs chez les aînés est la maladie d'Alzheimer et ses maladies apparentées (ex : la démence à corps de Lewy). Elles touchent plus de 47 millions de personnes chaque année dans le monde et 10 millions de nouveaux cas sont enregistrés tous les ans (Alzheimer's disease international, 2016). Parmi les personnes touchées par la maladie d'Alzheimer ou une maladie apparentée, 90% manifestent des symptômes comportementaux et psychologiques de la démence (SCPD) tel que l'agitation, l'agressivité ou l'errance (Alzheimer's disease international, 2016). Ainsi, deux problématiques importantes et liées à la mobilité, aux troubles sensoriels et aux troubles cognitifs ont une influence négative sur la qualité de vie des aînés : l'errance et les chutes.

L'errance. L'errance peut être définie comme un comportement locomoteur de nature répétée, fréquente et désorientée; l'aîné manifestant ce comportement rôde de façon aléatoire, fait les cents pas, tente de s'enfuir ou se perd (Algase, Moore, Vandeweerd, & Gavin-Dreschnack, 2007). Plus de 60% des aînés atteints de la maladie d'Alzheimer vont manifester de l'errance (Alzheimer's disease international, 2016). Avec la progression de la maladie, les épisodes d'errance sont plus fréquents (Klein et al., 1999). De plus, les épisodes d'errance sont significativement associés au genre masculin et à la consommation de neuroleptiques (Klein et al., 1999). L'errance entraîne de la fatigue, des blessures et des accidents et peut mener à l'institutionnalisation (Cipriani, Lucetti, Nuti, & Danti, 2014). Les personnes errantes sont aussi plus à risque de chute que les autres aînés (Cipriani, Lucetti, Nuti, & Danti, 2014).

Les chutes. Les altérations cognitives (ex. désorientation temporo-spatiale) et physiques (ex : troubles musculo-squelettiques) entraînent aussi des difficultés dans les déplacements pouvant réduire l'indépendance de l'aîné et mener à un risque accru de chute (Agence de santé publique du Canada, 2014). Les chutes sont définies comme « un changement soudain et non intentionnel de la position d'une personne qui la fait tomber à un niveau plus bas » (Agence de santé publique du Canada, 2014, p. 3). Chaque année 20% à 30% des aînés chutent (Agence de santé publique du Canada, 2014; Organisation mondiale de la Santé, 2016). Selon certains auteurs, la prévalence de la chute augmenterait d'environ 5% pour chaque année de vie (Anstey, Burns, von Sanden, & Luszcz, 2008; Peel, 2011). Ainsi, la prévalence des chutes chez les aînés de 83 ans est de 40,18% et chez les aînés de plus 90 ans, cette prévalence atteint les 56% (Anstey, Burns, von Sanden, & Luszcz, 2008; Fleming, Brayne, & Cambridge City

over-75s Cohort study collaboration, 2008). Au Québec, cela représente 368 000 personnes tous les ans (Institut National de Santé Publique du Québec, 2011). De plus, 25% à 50% des aînés ayant chuté une fois récidivent dans l'année, ce qui aggrave le problème au niveau individuel par la multiplication des blessures par exemple (Peel, 2011).

Les conséquences des chutes sont nombreuses et graves telles que les blessures (ex : les fractures) et les hospitalisations; elles entraînent souvent une perte d'indépendance, elles précipitent l'institutionnalisation et peuvent conduire jusqu'au décès (Agence de santé publique du Canada, 2014; World Health Organization, 2008). Ainsi, au Canada, plus d'un tiers des aînés hospitalisés pour une chute sont institutionnalisés à la suite de leur hospitalisation (Agence de santé publique du Canada, 2014). Les chutes causent 95% des fractures de la hanche des aînés et dans 20% des cas, elles conduiront au décès (Agence de santé publique du Canada, 2014). Elles ont aussi des conséquences psychologiques (ex : dépression), pouvant entraîner de l'isolement et une réduction de la participation sociale (Agence de santé publique du Canada, 2014; Lachman et al., 1998). Ces répercussions psychologiques et sur l'indépendance peuvent être mesurées notamment par *Activities-specific Balance Confidence Scale* (ABC-Scale) ou *Fall Efficacy Scale* (FES-I) (Filiatrault et al., 2007; Tinetti, Richman, & Powell, 1990).

Les chutes ont aussi un impact sur le coût des services de santé (Agence de santé publique du Canada, 2014). Le coût moyen d'une hospitalisation liée à une chute est compris entre 6646USD en Irlande et 17483USD aux États-Unis (World Health Organization, 2008). Aux États-Unis, les frais médicaux liés aux chutes non mortelles ont atteint 31,3 milliards de dollars US en 2015 (Burns, Stevens, & Lee, 2016). Au Canada, elles coûtent 2 milliards de dollars par an (Agence de santé publique du Canada, 2014) et 370 millions de dollars au Québec (Institut National de Santé Publique du Québec, 2011).

Ainsi, le développement de maladies chroniques (ex. : maladies neurodégénératives) peut engendrer une altération des capacités fonctionnelles et être responsable de la diminution de l'autonomie et de l'indépendance de l'aîné (Organisation mondiale de la Santé, 2016). Les

aînés sont souvent touchés par plusieurs maladies (comorbidité) ce qui augmente leurs besoins vis-à-vis des services de santé (Organisation mondiale de la Santé, 2016).

1.2. Vieillesse et maintien à domicile

Dans le cadre du vieillissement démographique, de plus en plus d'aînés souhaitent vieillir à domicile en toute sécurité et ce, le plus longtemps possible (Cheek, Nikpour, & Nowlin, 2005; World Health Organization, 2015). Les statistiques démontrent que la majorité des aînés demeurent à leur domicile : au Canada, cela concerne 92,1% des aînés (Agence de santé publique du Canada, 2014; Statistique Canada, 2012), au Québec, ils sont 96% à vivre à domicile (Gouvernement du Québec, 2018), et en France 93 % des femmes âgées vivent à domicile contre 96% des hommes (Insee, 2016). Ce choix souligne l'importance du maintien à domicile et dans la communauté des aînés (*Aging in place*) (Wiles, Leibing, Guberman, Reeve, & Allen, 2012).

1.2.1. Concept *Aging in place*

Le concept mondial *aging in place* peut être défini comme la possibilité de vieillir chez soi et dans sa communauté en sécurité avec un certain niveau d'indépendance (Morley, 2012; Peek et al., 2015). Selon les aînés, ce concept implique de demeurer chez soi, ce qui permettrait de préserver un sentiment d'identité lié à l'indépendance; selon eux, ce concept est aussi lié à un sentiment d'attachement et de lien social vis-à-vis de leur communauté, qu'ils perçoivent comme une ressource importante (Wiles, Leibing, Guberman, Reeve, & Allen, 2012). Demeurer chez soi permettrait aux aînés de préserver leur lien social (Organisation mondiale de la Santé, 2016).

Ce concept fait écho à un mouvement mondial : les politiques de santé favorisent le maintien à domicile et dans la communauté, car c'est le souhait des aînés mais aussi parce que

cela réduit significativement les coûts de santé liés à l'hébergement (Institut National de Santé Publique du Québec, 2011; Marek, Stetzer, Adams, Popejoy, & Rantz, 2012; Organisation mondiale de la Santé, 2016). L'étude de Marek et al. (2012) démontre que pour l'état, le maintien à domicile d'un aîné coûte 1591 USD de moins que l'hébergement pour une période de 12 mois. Les soins à domicile sont ainsi favorisés par les politiques; pourtant vieillir à domicile s'accompagne d'importants défis pour les services de santé (ex. intégrer de multiples services répondant aux comorbidités des aînés) (Iecovich, 2008).

1.2.2. Problématiques liées au maintien à domicile

Les conséquences du vieillissement peuvent entraîner la nécessité d'adapter le domicile (c.-à-d. transformation du domicile actuel ou changement de domicile) (Organisation mondiale de la Santé, 2016; Statistique Canada, 2012). L'avancée en âge menace le maintien à domicile : la proportion des aînés vivant en établissement de soins de longue durée augmente, elle passe de 1% des 65-69 ans à 29,6% chez les 85 ans et plus (Statistique Canada, 2012). Ces proportions peuvent s'expliquer par la diminution du niveau de satisfaction des aînés à domicile avec l'avancée en âge et par la diminution de leurs performances dans les activités de la vie quotidienne (Oswald, Jopp, Rott, & Wahl, 2011).

L'errance. Un des comportements menaçant particulièrement le maintien à domicile de l'aîné est l'errance. Dépendamment de la définition choisie, la prévalence de l'errance décrite dans la littérature varie entre 17,4% et 63% chez les aînés atteints de la maladie d'Alzheimer et vivant à domicile (Cipriani, Lucetti, Nuti, & Danti, 2014). Les conséquences de ce comportement sont multiples : l'aîné peut ne plus retrouver le chemin du domicile, l'errance entraîne de la fatigue, des blessures et accidents et peut mener à l'institutionnalisation (Cipriani, Lucetti, Nuti, & Danti, 2014).

Les chutes. Une autre problématique qui rend souvent difficile le maintien à domicile, est celle liée aux chutes. L'ensemble des conséquences des chutes, physiologiques, psychologiques et financières, s'aggravent lorsque l'aîné ne peut se relever seul après la chute

(Bloch, 2015). Or, les aînés, notamment les plus âgés, restent fréquemment immobilisés au sol après une chute (Fleming, Brayne, & Cambridge City over-75s Cohort study collaboration, 2008; Tinetti, Liu, & Claus, 1993). Leur incapacité à se relever après une chute est corrélée avec l'âge, les blessures antérieures, le fait de vivre seul et l'absence d'aide après la chute (Fleming, Brayne, & Cambridge City over-75s Cohort study collaboration, 2008; Tinetti, Liu, & Claus, 1993). Ils peuvent alors passer plusieurs heures sans secours car incapables d'appeler de l'aide (Fleming, Brayne, & Cambridge City over-75s Cohort study collaboration, 2008; Tinetti, Liu, & Claus, 1993).

Les statistiques démontrent que la moitié des chutes menant à une hospitalisation ont lieu à domicile; mais les politiques de santé privilégient le maintien à domicile parce qu'il entraîne moins de coûts pour le système de santé que l'institutionnalisation (Agence de santé publique du Canada, 2014; Organisation mondiale de la Santé, 2016). Les aînés aussi préfèrent vieillir à domicile; cependant, au Québec, 70% des chutes occasionnant une blessure se produisent à domicile (Fortin & Direction générale de la santé publique Québec, 2012). Quarante-six pour cent des chutes ont lieu lorsque la personne marche, les chutes sont donc liées à l'interaction entre la personne et son environnement (Agence de santé publique du Canada, 2014).

Outre les répercussions sur la santé et l'indépendance de l'aîné, les problématiques liées au vieillissement sont responsables de pressions sur le système de santé et sur le proche-aidant. Face au vieillissement accéléré des populations, le maintien à domicile des aînés ne peut plus être seulement assuré par le système de santé (Organisation mondiale de la Santé, 2016). Les proches-aidants se retrouvent ainsi contraints de compenser les limites du système de santé et des services sociaux ; le maintien à domicile dépend alors de leurs interventions auprès de l'aîné (Caron & Ducharme, 2007; Faes et al., 2010; Organisation mondiale de la Santé, 2016). Or, avec le vieillissement de la population, la charge qui pèse sur les aînés s'alourdit et entraîne des conséquences négatives sur leur santé et sur leur statut socio-économique (Iecovich, 2008).

1.2.3. Proches-aidants

Les personnes délivrant des soins à l'aîné peuvent être regroupées en deux catégories : 1) les professionnels de la santé apportant des soins dits « formels » pour lesquels ils sont entraînés et payés, appelés des aidants formels (World Health Organization, 2015); 2) les personnes offrant des soins informels à l'aîné, c'est-à-dire des soins pour lesquels ils ne sont pas payés, peuvent être regroupées sous l'appellation d'aidant informels (World Health Organization, 2015).

Le proche-aidant, ou aidant informel, est défini comme l'aidant non professionnel principal de l'aîné, quels que soient les liens qui l'unissent à ce dernier; par exemple les conjoints, enfants, neveux, voisins ou amis (Caron & Ducharme, 2007; Ducharme, 2006; Twigg & Atkin, 1994). Les proches-aidants sont majoritairement des femmes d'une soixantaine d'années, les filles ou les belles-filles de l'aîné (Wolff, Spillman, Freedman, & Kasper, 2016; World Health Organization, 2015). Ces proches-aidants apportent une aide substantielle, en moyenne 30 heures par semaine, en réalisant des tâches variées pour l'aîné (ex : soins corporels, aide administrative) (Ducharme, 2006; Lapierre et al., 2015; Wolff et al., 2017; Wolff, Spillman, Freedman, & Kasper, 2016). L'aide substantielle apportée aux aînés a des répercussions sur la qualité de vie du proche-aidant. L'ensemble de ces répercussions psychologiques (ex : inquiétude), financières (ex : dépenses liées à la santé de l'aîné), sociales (ex. isolement) et physiologiques (ex : déficience de leur système immunitaire liée au stress) est regroupé sous le terme de fardeau (Caron & Ducharme, 2007; Zarit, Reever, & Bach-Peterson, 1980). Le fardeau des proches-aidants est objectif (ex : temps consacré aux soins) et subjectif (ex : stress et inquiétude constante, dépendance de l'aîné et changement de rôle que cette dernière engendre) (Twigg & Atkin, 1994). Le fardeau subjectif est mesurable par l'échelle *Burden Interview* de Zarit (Zarit, Orr, & Zarit, 1985).

Dans le cas de chutes de l'aîné, les proches-aidants vont augmenter les visites et appels téléphoniques à l'aîné pour tenter de le maintenir à domicile dans des conditions sécuritaires

malgré les chutes (Faes et al., 2010; Kuzuya et al., 2006; Mackintosh, Fryer, & Sutherland, 2007). Les chutes deviennent alors une source d'inquiétude constante pour les proches-aidants (Dow, Meyer, Moore, & Hill, 2013; Faes et al., 2010; Kuzuya et al., 2006).

L'errance, quant à elle, occasionne souvent des troubles du sommeil chez le proche-aidant qui doit se lever régulièrement pour vérifier si l'aîné est sorti ou non du domicile (Gehrman, Gooneratne, Brewster, Richards, & Karlawish, 2018). Parce qu'elle nécessite une attention constante de la part du proche-aidant, l'errance est associée à une fatigue physique et mentale (Peng, Chiu, Liang, & Chang, 2017). Les époux d'aînés avec la maladie d'Alzheimer sont d'ailleurs plus à risque de devenir des aînés fragiles que les proches-aidants âgés d'aînés non atteints de troubles cognitifs (Dassel & Carr, 2016).

Par conséquent, pour favoriser le maintien à domicile des aînés tout en limitant leur dépendance envers les proches-aidants, élaborer des alternatives à leurs interventions devient donc primordial (van Hoof, Kort, Rutten, & Duijnste, 2011). Selon l'OMS (2015), les technologies pourraient répondre à cette problématique.

1.3. Technologie : voie prometteuse pour le maintien à domicile et dans la communauté

La définition de la technologie retenue pour cette thèse est celle de Thompson & Brailer (2004) selon laquelle la technologie comprend un élément physique (ex : l'équipement informatique) et un logiciel. L'OMS définit les technologies d'assistance comme un sous-ensemble de technologies de santé se référant aux systèmes, services et produits développés pour maintenir ou améliorer le fonctionnement des aînés dans le but d'améliorer le bien-être (World Health Organization, 2018). Cette définition inclut les produits sans logiciels (ex : les fauteuils roulants). Cette thèse ne retiendra pas la définition de l'OMS et se concentrera uniquement sur les technologies impliquant à la fois l'équipement et le logiciel tel que Piau et al. (2014) les décrivent. Selon eux, de nombreuses technologies sont développées pour

soutenir les aînés dans leur maintien à domicile et dans la communauté. Ces technologies comprennent notamment la télésurveillance, la télémedecine, la télésanté, les maisons intelligentes (*smart homes*) mais excluent les aides techniques (ex : canne) (Piau, Campo, Rumeau, Vellas, & Nourhashemi, 2014). Lorsque les technologies sont développées pour favoriser le maintien à domicile, la participation sociale, la qualité de vie et l'indépendance des aînés, le terme utilisé est gérontechnologie (Mahmood, Yamamoto, Lee, & Steggell, 2008).

Des études montrent que les gérontechnologies sont prometteuses dans une perspective de maintien à domicile et dans la communauté (Cheek, Nikpour, & Nowlin, 2005; Mahmood, Yamamoto, Lee, & Steggell, 2008; van Hoof, Kort, Rutten, & Duijnste, 2011; Wiles, Leibing, Guberman, Reeve, & Allen, 2012). Elles ont le potentiel d'améliorer le sentiment de sécurité, particulièrement dans le cas des chutes et du maintien de l'indépendance (Wagner, Basran, & Dal Bello-Haas, 2012). Les gérontechnologies peuvent assister l'aîné dans divers aspects de la vie quotidienne (ex : la prise de médicaments avec les piluliers électroniques) (Atoeyebi, Stewart, & Sampson, 2015). Les aînés attendent une amélioration de leur qualité de vie grâce à l'utilisation de ces technologies (Van Brownswijk, Bouma, & Fozard, 2002). Dans leur revue de la littérature, Chen & Chan (2011) montrent que les aînés ont une attitude positive vis-à-vis des technologies mais sont encore peu enclins à les adopter (Chen & Chan, 2011).

1.3.1. Systèmes de surveillance (*monitoring technologies*) à domicile

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) (2015), les technologies de surveillance ont un potentiel pour aider les aînés dans une perspective de maintien à domicile et dans la communauté (World Health Organization, 2015). Les technologies de surveillance peuvent être définies comme des technologies mesurant en continu l'activité humaine (ex : les mouvements à domicile) et détectant des événements inhabituels (ex : la chute) (Peetoom, Lexis, Joore, Dirksen, & De Witte, 2015; Wagner, Basran, & Dal Bello-Haas, 2012). À titre d'exemple, on retrouve les détecteurs de mouvements à domicile ou les accéléromètres. Ces

technologies ont aussi le potentiel de réduire les inquiétudes des aînés et des proches-aidants (World Health Organization, 2015). Elles peuvent aussi être intégrées dans l'environnement non-humain de l'aîné dans le cas des gérontechnologies ambiantes ou de la domotique (ex : détecteurs de mouvements) (Bourennane, Charlon, Bettahar, Campo, & Esteve, 2013; Bourke et al., 2012; Charlon, Bourennane, Bettahar, & Campo, 2013). Lorsqu'elles n'entravent pas leur routine, ces technologies peuvent être acceptées par les aînés pour observer différents éléments menaçant leur maintien à domicile et dans la communauté (Chen, Harniss, Patel, & Johnson, 2014). Les aidants (proches-aidants et professionnels) identifient la sécurité comme la première raison pour laquelle ils utiliseraient des technologies de surveillance (Hall, Brown, Stanmore, & Todd, 2017).

Systèmes de gestion de l'errance. Les systèmes de gestion de l'errance sont peu nombreux, peu d'études les recensent, et ce de façon non exhaustive (Bulat et al., 2016; Kim, Gollamudi, & Steinhubl, 2017). Ils incluent les détecteurs de mouvement, les systèmes de géolocalisation (*Global Positioning System*, GPS; fréquence radio), les systèmes de fermeture des portes, les systèmes d'alarme lors de l'ouverture de la porte ou du lever du lit ou encore les systèmes de soutien à la navigation pour éviter aux aînés de se perdre (Kim, Gollamudi, & Steinhubl, 2017; Wigg, 2010). Ces technologies visent principalement à localiser et minimiser le temps requis pour retrouver les personnes perdues dans le but de réduire les risques liés à l'errance (ex : fatigue, déshydratation) et d'alléger le fardeau du proche-aidant (Bulat et al., 2016). Les études publiées concernent majoritairement les systèmes de géolocalisation et montrent leur potentiel dans la gestion de l'errance (Grierson, Zelek, Lam, Black, & PhD, 2011; Hima, 2018; McKenzie, Bowen, Keys, & Bulat, 2013). Cependant, les technologies déjà commercialisées, telles que les GPS ou les appareils de fréquence radio, n'atteignent pas le niveau d'exigence promis pour localiser l'aîné (Bulat et al., 2016). Les industriels promettent une zone de localisation restreinte qui ne peut pas toujours être atteinte en condition écologique à cause d'obstruction ou encore de la présence d'ondes de télécommunication interférant avec leurs systèmes (Bulat et al., 2016) .

Systèmes de détection des chutes. Afin de répondre à la problématique des chutes à domicile et à l'alourdissement du fardeau objectif et subjectif des proches-aidants, de nombreux systèmes ont été développés pour les prévenir (ex : chemin lumineux combiné à la téléassistance) (Atoyebi, Stewart, & Sampson, 2015; Habib et al., 2014; Tchalla et al., 2013; Tyrer et al., 2006). Certains systèmes semblent efficaces pour réduire l'incidence des chutes ; par exemple, le système HBTec-TS-system présenté par Tchalla et al. (2013) : l'implantation de ce système de chemin lumineux s'allumant lorsque l'aîné se lève la nuit pour aller à la toilette est liée à la réduction du nombre de chutes chez les participants de l'étude. Par ailleurs, selon Kim et al. (2017), les systèmes de prévention des chutes devraient tous compiler des informations relatives aux risques environnementaux et biomécaniques puis agir sur ces deux paramètres dans le but de prévenir les chutes. Cependant, même en suivant ces recommandations, éliminer totalement les chutes est impossible (Agence de santé publique du Canada, 2005; Tchalla et al., 2013). Les gérontechnologies de détection des chutes sont perçues comme les technologies ambiantes les plus utiles par les aînés (Pietrzak, Cotea, & Pullman, 2014).

Les pronostics de survie et d'hospitalisation postchutes s'améliorent avec une prise en charge rapide. Alerter rapidement en cas de chute devient donc primordial, spécifiquement pour les aînés vivant seuls, pour réduire les conséquences de l'immobilité après la chute en intervenant rapidement. Les technologies de détection et d'alerte représentent ainsi une avenue prometteuse (Cheek, Nikpour, & Nowlin, 2005; van Hoof, Kort, Rutten, & Duijnste, 2011).

Différents types de technologies existent et peuvent être classées en trois catégories: 1) les systèmes fixes, 2) les systèmes portatifs, 3) les systèmes ambiants (Mubashir, Shao, & Seed, 2013; Rousseau, Meunier, & Saint-Arnaud, 2011; Yu, 2008). Les systèmes d'alerte fixes (cordelettes ou boutons) sont fixés aux murs du domicile et reliés à une centrale d'urgence 24/24h. Leur principal inconvénient est que si l'aîné chute à distance du système, il ne pourra pas donner l'alerte (Rousseau, Meunier, & Saint-Arnaud, 2011). Pour contourner cette difficulté, des systèmes d'alerte portés par les aînés (ex : pendentif ou bracelet d'alerte relié à une centrale 24/24h) ont été développés (Dibner & Lifeline systems Inc, 1982; Rousseau, Meunier, & Saint-Arnaud, 2011; Yu, 2008). Ils doivent être actionnés par l'aîné, ou ils peuvent détecter une chute passivement s'ils comprennent un accéléromètre. Cependant, ils

présentent plusieurs désavantages : 1) ces systèmes déclenchent de nombreuses fausses alertes (faux positifs) ; 2) ils doivent être portés pour être utiles (Delahoz & Labrador, 2014; Mubashir, Shao, & Seed, 2013; Peetoom, Lexis, Joore, Dirksen, & De Witte, 2015; Yu, 2008) et les aînés peuvent oublier ou refuser de les porter (Fleming, Brayne, & Cambridge City over-75s Cohort study collaboration, 2008); 3) ils peuvent facilement être désactivés, ce qui les rend moins adaptés à la population âgée ; 4) les systèmes sans accéléromètre doivent être activés volontairement, ce qui compromet leur utilisation si l'aîné est inconscient après une chute ou s'il présente des troubles cognitifs et 5) de nombreux systèmes portatifs doivent être rechargés ou les piles doivent être changées, ce qui peut devenir trop exigeant chez les personnes présentant des troubles cognitifs (Delahoz & Labrador, 2014; Mubashir, Shao, & Seed, 2013; Yu, 2008).

Les systèmes ambiants ont été développés pour pallier ces inconvénients. Ils comprennent des systèmes de capteurs, des systèmes de caméras, ou les deux (Delahoz & Labrador, 2014). Ils enregistrent des données provenant de l'environnement du domicile (ex : les vibrations du sol, enregistrements vidéos) ou de la personne (ex : les habitudes de vie) afin de détecter un événement inhabituel et de déclencher une alerte (Ariani, Redmond, Chang, & Lovell, 2010; Cuddihy et al., 2012; Kosse, Brands, Bauer, Hortobagyi, & Lamothe, 2013; Leone, Diraco, & Siciliano, 2011; Rantz et al., 2013; Stone & Skubic, 2015). Certains systèmes de vidéosurveillance sont reliés en permanence à une personne (centrale d'urgence, professionnel de la santé ou non) vérifiant l'état de l'aîné (Vincent, Reinharz, Deaudelin, Garceau, & Talbot, 2006). Ces systèmes permettent à l'aîné d'obtenir de l'aide même lorsqu'il est inconscient et sans qu'il n'ait à porter un dispositif, mais ils soulèvent des questionnements éthiques, car ils enregistrent en continu, et communiquent des données personnelles ; le respect de la vie privée est donc compromis (Delahoz & Labrador, 2014; Mahmood, Yamamoto, Lee, & Steggell, 2008). Le rapport du Comité national d'éthique sur le vieillissement (2015) indique qu'il s'agit d'un des principaux arguments à l'encontre de l'usage des technologies de vidéosurveillance, car elles impliqueraient une intrusion dans la vie privée. La recension des écrits de Pietzack et al. (2014) arrive au même constat en mentionnant que les inquiétudes relatives au respect de la vie privée sont la principale barrière à l'usage des technologies ambiantes à domicile. Détecter automatiquement les chutes grâce à

des systèmes intelligents, n'enregistrant et ne transmettant aucune donnée sur la vie privée, devient donc prometteur pour offrir une réponse rapide aux aînés après une chute et réduire ses conséquences, tout en respectant l'intimité.

1.3.2. Vidéosurveillance intelligente (VSI)

Pour répondre aux lacunes des technologies de détection des chutes, notre équipe a développé la vidéosurveillance intelligente (VSI). La VSI est composée de caméras grand-angles (≥ 1 camera /pièce) et équipées d'un illuminateur infrarouge (par caméra), chacune est reliée à un ordinateur et à Internet (par Wifi) ou à un réseau cellulaire 3G/4G. La VSI se base sur une analyse informatisée de l'image pour détecter la chute (Rougier, St-Arnaud, Rousseau, & Meunier, 2011). La VSI envoie ensuite une alerte par courrier électronique (courriel) immédiatement sur le téléphone intelligent, l'ordinateur ou la tablette électronique du répondant choisi par l'aîné (ex : proche-aidant) (Rougier, Meunier, St-Arnaud, & Rousseau, 2011; Rougier, St-Arnaud, Rousseau, & Meunier, 2011). Le système respecte la vie privée par son fonctionnement en circuit fermé détruisant les images au fur et à mesure, transmettant une image uniquement lorsqu'il y a une chute, et par la possibilité de brouiller les images à la demande de l'aîné (Londei et al., 2009). Un exemple de brouillage d'image est présenté à la Figure 1.

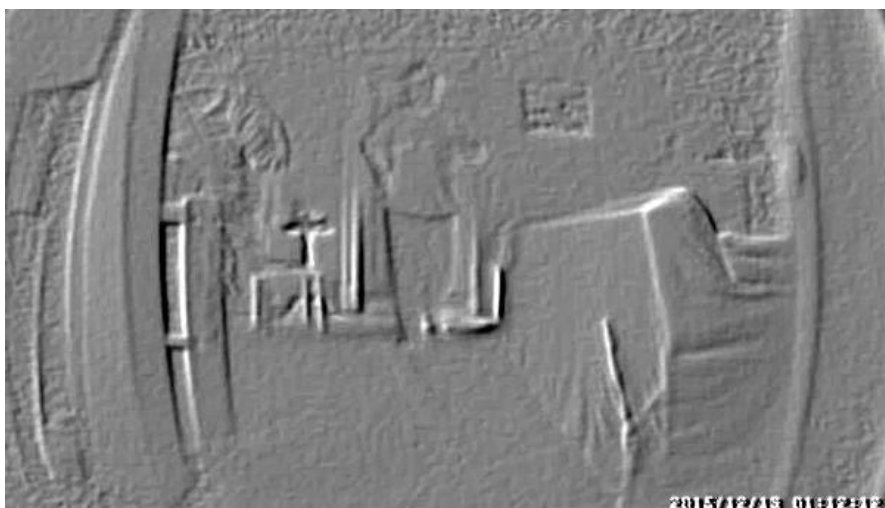


Figure 1. Exemple de traitement d'image offert par la VSI pour protéger la vie privée

En absence de chute, personne ne peut accéder aux images, mais en cas de chute, le proche-aidant recevra un courriel protégé par un mot de passe contenant une image de l'aîné au moment où l'alerte a été envoyée. Avec l'accord de l'aîné, il est possible d'enregistrer les 30 secondes précédant la chute pour en documenter les causes.

La VSI a été développée suivant une conception centrée sur l'utilisateur (*user-centered conception*). La conception centrée sur l'utilisateur peut être définie comme un ensemble de principes et de pratiques visant à privilégier les besoins et aspirations des usagers dans la conception et l'implantation de la technologie (Garrety & Badham, 2004). Les principes de la conception centrée sur l'utilisateur sont : 1) impliquer les usagers ; 2) une conception itérative, 3) viser une adéquation entre les besoins des usagers et les possibilités technologiques et 4) l'implication d'une équipe multidisciplinaire (Jokela, Iivari, Matero, & Karukka, 2003). Conformément à ce dernier principe, l'équipe de recherche était multidisciplinaire (c.-à-d. un neuropsychologue clinicien avec une expertise en maintien à domicile, une chercheuse en ergothérapie avec une expertise en maintien à domicile et un chercheur en traitement informatisé de l'image) dans le but de comprendre le contexte d'utilisation (Bronswijk, 2014; Jokela, Iivari, Matero, & Karukka, 2003). Dès le début du développement de la VSI, pour identifier les besoins et préférences des aînés, de leurs proches-aidants, des professionnels de la santé et des gestionnaires du réseau de la santé et services sociaux, des entrevues semi-

structurées et des groupes de discussion focalisée ont été menés auprès d'eux (Lapierre et al., 2016, 2015; Londei et al., 2009). Durant ces études, les participants ont pu visionner une vidéo présentant différents scénarios possible d'utilisation de la VSI tel que recommandé par Not, et al., (2009) Ces premières étapes du développement de la VSI ont montré que les usagers potentiels sont favorables à la VSI (92%, n=25 des aînés et 83,3%, n=18 des proches-aidants) et expriment certains besoins et préférences quant au fonctionnement de la VSI (Lapierre et al., 2015; Londei et al., 2009). Les professionnels de la santé (ergothérapeutes, physiothérapeutes, travailleurs sociaux et infirmiers) et les gestionnaires de services de soins à domicile (n=31) ont été consultés lors de groupes de discussion focalisée; ils identifient des avantages à l'utilisation de la VSI et de possibles impacts positifs sur leur prise en charge des aînés chuteurs à domicile, notamment pour en documenter les causes (Lapierre et al., 2015). Ces études incitent à continuer le développement de la VSI et à la rendre la plus flexible possible pour répondre aux demandes parfois contradictoires des usagers potentiels ; par exemple, certains souhaitent que le système ne puisse pas être désactivé pour éviter que l'aîné oublie de le réactiver lorsqu'il est seul, d'autres souhaitent pouvoir contrôler l'activation du système, selon leur besoin (Lapierre et al., 2016, 2015; Londei et al., 2009).

La VSI a été développée dans le but de répondre aux besoins identifiés chez les usagers puis a été testée en laboratoire. Les tests en laboratoire, réalisés par un cascadeur simulant des chutes dans un environnement favorisant le bon fonctionnement du système (ex : luminosité optimale, pas de mobilier obstruant le champ des caméras etc.), montrent une sensibilité et une spécificité très prometteuses (95% à 100%) (Rougier, Meunier, St-Arnaud, & Rousseau, 2011; Rougier, St-Arnaud, Rousseau, & Meunier, 2011). Ces conditions sont probablement différentes de celles que le système rencontrerait aux domiciles d'aînés : il importe donc de valider la technologie et d'explorer la perception de ses usagers dans des conditions écologiques (Atoyebi, Stewart, & Sampson, 2015). Pour ce faire, une version simplifiée de la VSI a été développée pour observer les interactions personne-environnement lors des déplacements à domicile : la vidéosurveillance programmable (VSP). La VSP est composée de caméras HD Security ZIR32 par Zetta© (Zetta Systems Ltd, s. d.) montées sur des trépieds rigides ou flexibles et aimantés (dépendamment du contexte environnemental). Chaque caméra est équipée d'une carte micro SD de 32 GB. Les caméras, à grand-angle, permettent

les enregistrements nocturnes grâce à une lentille infrarouge. Elles peuvent être programmées pour n'enregistrer que lors de la détection de mouvement durant des plages horaires choisies. Explorer la faisabilité de l'implantation d'une version simplifiée de la VSI permet d'explorer la perception des aînés concernant l'usage de technologies impliquant des caméras pour démontrer la pertinence de continuer le développement de la VSI.

1.3.3. Évaluation des gérontechnologies

Des gérontechnologies de détection des chutes ont fait l'objet d'études concernant leur efficience technologique (ex : spécificité) en laboratoire, lors de chutes réalisées par des cascadeurs conseillés par des professionnels de la santé, pour reproduire au mieux les chutes des aînés (Rantz et al., 2008; Rougier, St-Arnaud, Rousseau, & Meunier, 2011). Cette méthode a pour avantage de tester les technologies lors de multiples scénarios avant de la rendre disponible aux aînés. D'autres études ont validé leurs algorithmes de détection des chutes grâce à des enregistrements vidéos de chutes en contexte réel ; la détection s'est donc effectuée en différé mais a montré de nombreuses fausses alertes (Debard et al., 2012).

Même lorsqu'ils sont efficaces, les systèmes de détection des chutes demeurent peu utilisés (Mubashir, Shao, & Seed, 2013; Yu, 2008). Par exemple, dans 80% des cas de chutes, les aînés n'actionnent pas leur bracelet d'alerte, car ils souhaitent se relever seuls ou le déclin cognitif, la confusion ou la perte de conscience complique ou empêche leur utilisation (Fleming, Brayne, & Cambridge City over-75s Cohort study collaboration, 2008). Pour faciliter l'adoption d'une technologie, inclure, dès sa conception, les besoins et les attentes des usagers est primordial (Comité national d'éthique sur le vieillissement, 2015; Delahoz & Labrador, 2014; Dewsbury et al., 2003; Mahmood, Yamamoto, Lee, & Steggell, 2008; Reeder et al., 2013; van Hoof, Kort, Rutten, & Duijnste, 2011; Yu, 2008). Le développement des gérontechnologies est donc de plus en plus centré sur l'utilisateur : l'opinion des usagers est explorée parallèlement au développement technologique grâce à des groupes de discussion focalisée ou des entrevues individuelles, afin d'intégrer leurs besoins et préférences à la

gérontechnologie (Broadbent et al., 2012; Lapierre et al., 2016, 2015; Londei et al., 2009; Marquis-Faulkes, McKenna, Newell, & Gregor, 2005; Zsiga et al., 2013). Cette démarche a été utilisée dans le développement de la VSI. De nombreuses études montrent que les aînés, leurs proches-aidants et les professionnels de la santé sont majoritairement favorables aux gérontechnologies, mais leurs réactions sont souvent mitigées: les technologies sont considérées comme un progrès ayant le potentiel de diminuer l'inquiétude et améliorer les conditions de vie, mais il existe des freins quant à leur utilisation à domicile (ex : inquiétudes face au respect de la vie privée) (Broadbent et al., 2012; K. Chen & Chan, 2013; K.-Y. Chen, Harniss, Patel, & Johnson, 2014; Lapierre et al., 2016, 2015; Londei et al., 2009; Marquis-Faulkes, McKenna, Newell, & Gregor, 2005; Pietrzak, Cotea, & Pullman, 2014; Zsiga et al., 2013). L'usage des technologies serait motivé par les bénéfices perçus des usagers, mais des barrières demeurent : le coût du système, la crainte de ne pas réussir à le faire fonctionner facilement, ou que son utilisation soit chronophage, et l'atteinte à la vie privée représentent des freins à l'utilisation de la technologie (Chen & Chan, 2013; Lapierre et al., 2015; Londei et al., 2009; Marquis-Faulkes, McKenna, Newell, & Gregor, 2005).

De ce fait, il est nécessaire d'évaluer la faisabilité et l'acceptation à l'égard de l'implantation des gérontechnologies de détection des chutes à domicile (Atoyebi, Stewart, & Sampson, 2015). Les auteurs et les usagers mentionnent le potentiel des gérontechnologies en général pour le maintien à domicile (Cheek, Nikpour, & Nowlin, 2005; Mahmood, Yamamoto, Lee, & Steggell, 2008; van Hoof, Kort, Rutten, & Duijnste, 2011), mais peu de systèmes sont évalués au domicile des aînés. Lorsqu'ils le sont, le devis principalement utilisé pour évaluer l'implantation de gérontechnologies est celui d'étude de cas multiples (Chen, Harniss, Patel, & Johnson, 2014; Cuddihy et al., 2012). Ce devis a mis en évidence leur pertinence d'un point de vue technologique et a montré que certaines gérontechnologies amènent une amélioration des conditions de vie des aînés. Par exemple, elles peuvent réduire le nombre de chutes en créant un environnement plus sécuritaire pour l'aîné (ex : chemin lumineux s'allumant automatiquement la nuit), ou ont eu un impact sur les services de santé en réduisant les coûts des soins à domicile (Chen, Harniss, Patel, & Johnson, 2014; Cuddihy et al., 2012; Tchalla et al., 2013; Vincent, Reinhartz, Deaudelin, Garceau, & Talbot, 2006). Les gérontechnologies visant le maintien à domicile peuvent donc être acceptées par leurs usagers

(Chen, Harniss, Patel, & Johnson, 2014). Les études de cas multiples réalisées avec des technologies très différentes de la VSI montrent que les gérontechnologies ont le potentiel d'être acceptées par les aînés à domicile et ont permis d'explorer certaines variables influençant l'implantation (ex : l'utilisation antérieure de technologies ou l'automatisation de la technologie) (Davis, 1985; Mahmood, Yamamoto, Lee, & Steggell, 2008; Ross, Stevenson, Lau, & Murray, 2016). Cependant, les technologies ayant été évaluées par études de cas sont très différentes de la VSI : elles n'impliquaient ni l'usage de caméras, ni la participation du proche-aidant. Il est donc nécessaire d'évaluer la faisabilité de l'implantation de la VSI au domicile de l'aîné avec le proche-aidant comme destinataire de l'alerte.

La problématique de la chute étant une problématique touchant davantage d'aînés et ayant des répercussions plus graves pour l'aîné (ex : hospitalisation, décès) que celle de l'errance, elle est une préoccupation de santé publique et y pallier est une recommandation des instances de santé publique (Agence de santé publique du Canada, 2014; Organisation Mondiale de la Santé, 2018). Ainsi, les solutions technologiques visant à détecter les chutes font l'objet de nombreuses publications, ce qui atteste de leur potentiel pour aider les aînés à demeurer dans leur domicile et dans la communauté (Atoyebi, Stewart, & Sampson, 2015). Cette thèse se concentre donc sur la détection des chutes.

1.4. Modèles théoriques

1.4.1 Modèles en lien avec l'implantation

L'implantation peut être définie comme le processus d'intégration d'une intervention validée scientifiquement dans un contexte (Rabin, Brownson, Haire-Joshu, Kreuter, & Weaver, 2008). Le modèle RE-AIM (pour *Reach, Efficacy, Adoption, Implementation, Maintenance*), se concentrant sur le domaine de la santé publique, définit l'implantation comme la mesure selon laquelle l'intervention est établie telle qu'elle avait été conçue

(Glasgow, Vogt, & Boles, 1999). Bien que cette dernière définition apporte la notion intéressante du lien entre la conception et la « réalité », nous retiendrons la définition de Rabin et al. (2008) pour le présent projet, car c'est le processus d'intégration qui nous intéresse dans ce cadre.

De nombreux modèles décrivent et expliquent l'implantation d'interventions (incluant les technologies) (Moullin, Sabater-Hernández, Fernandez-Llimos, & Benrimoj, 2015). Dans leur revue de la littérature concernant les modèles d'implantation, Moullin et al. (2015) concluent que, de manière générale, pour être utilisés, les modèles d'implantation doivent inclure les éléments suivants: 1) le processus d'implantation, 2) l'innovation à planter, 3) le contexte de l'implantation, 4) les facteurs influençant l'implantation, 5) les stratégies d'implantation et 6) l'évaluation de l'implantation (Moullin, Sabater-Hernández, Fernandez-Llimos, & Benrimoj, 2015). Ce modèle est pertinent pour la présente thèse même s'il ne tient pas compte de la spécificité du contexte à domicile. De même, le modèle *Consolidated Framework for Implementation Research* (CFIR) propose des domaines majeurs à considérer lors d'une implantation: 1) les caractéristiques de l'intervention, 2) le cadre extérieur (contexte social, économique et politique), 3) le cadre interne (caractéristiques de l'organisation), 4) les caractéristiques des individus impliqués, et 5) le processus d'implantation (Damschroder et al., 2009). Ce modèle apporte donc des précisions concernant le contexte d'implantation décrit par Moullin et al. (2015). Cependant, il s'intéresse particulièrement à l'implantation du point de vue institutionnel. Enfin, Durlak et DuPre (2008) estiment que l'implantation d'une intervention est influencée par cinq éléments : 1) l'innovation, 2) les caractéristiques de celui qui fournit l'intervention, 3) les communautés, 4) les caractéristiques de l'organisation et 5) le support apporté. Ces facteurs influant l'implantation ne saisissent pas l'ensemble de la problématique de la présente thèse: les caractéristiques de la personne (l'aîné) recevant l'intervention (ici la VSI) ne sont pas considérées comme un facteur pouvant influencer le processus d'implantation bien qu'il soit mentionné dans de nombreuses études d'implantation de technologies (Chen, Harniss, Patel, & Johnson, 2014; Durlak & DuPre, 2008; Hall, Brown, Stanmore, & Todd, 2017).

Ces modèles apportent des informations sur les variables à considérer lors de l'implantation d'intervention, mais ils seraient davantage appropriés à l'implantation de la VSI

au sein d'institutions, d'organisations. Dans le cadre d'une implantation à domicile, ils permettent peu de considérer les interactions entre la personne et son environnement; les modèles ci-dessus ne permettent donc pas de considérer l'ensemble des éléments en lien avec le maintien à domicile et l'usage des technologies par les aînés.

1.4.2. Modèles en lien avec les technologies

Le modèle théorique couramment utilisé dans le contexte du développement et de l'adoption de technologies est le *Technology Acceptance Model (TAM)* (Davis, 1985). Ce modèle a été développé dans le but d'expliquer ce qui motive l'acceptation des technologies de l'information par ses usagers. Il définit cinq concepts: l'usage, l'intention d'un comportement, l'attitude, la facilité d'utilisation perçue et l'utilité perçue (Davis, 1985). Ce modèle a été affiné pour produire différentes versions du modèle : le TAM 2 (Venkatesh & Davis, 2000) et le *Unified theory of acceptance and use of technology* (Venkatesh, Morris, & Davis, 2003) qui peuvent être appliquées au domaine de la santé (Holden & Karsh, 2010; Lapierre et al., 2016). Cependant le TAM et ses variantes sont axés sur les technologies de l'information et non sur les technologies ambiantes. De plus, ils laissent peu de place aux dimensions environnementales qui sont ici primordiales puisque le proche-aidant (environnement humain) sera le répondant de l'alerte en cas de chute et que la VSI devra s'intégrer dans le domicile de l'aîné (environnement non-humain) (Davis, 1985; Holden & Karsh, 2010).

Un autre modèle envisagé est celui développé par Mahmood et al., (2008), soit *Conceptual model of use of gerontechnology integrating Life-span Theory of Control and Congruence Model of Person and Environment interaction*. Il définit l'usage des gérontechnologies comme partie intégrante d'un mécanisme compensatoire des interactions entre la personne et son environnement pour aider l'aîné à demeurer dans son domicile et dans sa communauté. Malgré son approche intéressante pour notre projet, ce modèle n'a pas été retenu pour deux raisons : 1) ce modèle n'a pas encadré de projet de recherche comparable au projet de doctorat (c.-à-d. gérontechnologie incluant des caméras et dont le fonctionnement

implique la participation du proche-aidant); 2) aucun concept de ce modèle n'inclut l'environnement physique de l'ainé comme un élément pouvant influencer l'usage de la technologie par ce dernier (Mahmood, Yamamoto, Lee, & Steggell, 2008).

1.4.3. Choix et description du cadre conceptuel

Description du modèle. La présente thèse s'inscrit dans l'approche théorique du Modèle de compétence développé par Rousseau et al. (2002) (Rousseau, Potvin, Dutil, & Falta, 2002b, 2002a). Il est utilisé autant en recherche qu'en pratique, et ce dans divers secteurs (ex : maintien à domicile et dans la communauté, soins de longue durée) notamment dans le domaine de l'aménagement domiciliaire en ergothérapie dans le but de faciliter l'adaptation du domicile (Rousseau, 2013, 2016, 2017). Il explique les relations existant entre la personne et son environnement grâce à six concepts: 1) la personne, comprenant l'unité corps/esprit et en tant que système ouvert; 2) l'environnement, qui comprend l'environnement humain et l'environnement non-humain; ces deux entités interagissent via 3) le rôle, assumé par la personne (l'unité de base du rôle est une dyade, à chaque rôle correspond donc un contre-rôle, il existe donc une réciprocité de ces rôles, par exemple : parent-enfant) et 4) l'activité. La relation personne-environnement peut mener à 5) la situation de compétence, lorsque l'activité est réussie et le rôle assumé efficacement ou à 6) la situation de handicap, si l'activité n'est pas réussie et le rôle non-assumé (Rousseau, 2013, 2016, 2017).

Le modèle encadre l'ensemble des travaux jusqu'à présent concernant la VSI, de sa conception jusqu'à la présente thèse en passant par l'exploration de l'opinion des usagers potentiels (Lapierre et al., 2016, 2015; Rousseau, 2013, 2016, 2017; Rousseau, Potvin, Dutil, & Falta, 2002). Il s'est notamment montré pertinent pour encadrer l'analyse qualitative des entrevues des usagers potentiels de la VSI (Lapierre et al., 2016, 2015; Londei et al., 2009). Le Modèle de compétence (Rousseau, Potvin, Dutil, & Falta, 2002) s'applique au projet, car l'utilisation de la VSI à domicile doit prendre en compte les besoins et les préférences de la personne et de son environnement humain (Delahoz & Labrador, 2014; Lapierre et al., 2016,

2015; Londei et al., 2009). Contrairement au TAM, le Modèle de compétence permet de considérer l'environnement non-humain, ce qui est primordial pour assurer le bon fonctionnement d'une gérontechnologie ambiante comme la VSI. Contrairement aux modèles mentionnés précédemment, le Modèle de compétence permet de considérer toutes les composantes de la personne, soit l'aîné. De plus, l'importance du rôle de l'environnement humain, soit le proche-aidant, est prise en compte pour le fonctionnement de la VSI. Enfin le modèle encadre la présente thèse, car il permet de considérer l'influence de la VSI comme modification de l'environnement non-humain sur les rôles et activités de l'aîné.

Opérationnalisation du modèle théorique. Les concepts du Modèle de compétence sont opérationnalisés comme suit pour le projet: 1) la personne représentée, ici, par l'aîné ; 2) l'environnement humain correspond à son proche-aidant; l'environnement non-humain correspond au domicile de l'aîné, à ses composantes architecturales (ex : nombre de pièces), son aménagement (ex : mobilier), et la VSI; 3) l'activité est ici le déplacement de l'aîné à l'intérieur du domicile; 4) le rôle de l'aîné est celui de proche-aidé (dans la dyade aîné-proche-aidant, le contre-rôle est celui de proche-aidant), 5) la situation de compétence est le déplacement sans chute au domicile et 6) la situation de handicap est le déplacement occasionnant une chute (Londei, 2009; Rousseau, Potvin, Dutil, & Falta, 2002).

La VSI devrait avoir un impact sur la relation entre la personne et son environnement humain, notamment au niveau du rôle et contre-rôle: elle rendrait possible le rôle de proche-aidé en envoyant une alerte au proche-aidant qui pourrait alors venir en aide à l'aîné après une chute. L'utilisation de la VSI pour ajuster la prise en charge postchute ainsi qu'à des fins de prévention (par exemple, suite à l'identification des causes des chutes par le visionnement des 30 secondes précédant la chute) pourrait aussi avoir un impact sur l'activité (le déplacement), soit la relation personne-environnement non humain : elle permettrait à l'aîné de maintenir une situation de compétence durant la réalisation de ses activités. Quant à ses effets sur la personne, elle devrait contribuer à rehausser le sentiment de sécurité; au niveau de l'environnement humain, le proche-aidant, des effets sur l'inquiétude (et par conséquent sur le fardeau) sont anticipés. Quant à l'environnement non humain, la VSI a été conçue de manière à minimiser les modifications sur l'environnement (domicile).

1.5. Pertinence de l'étude

Compte tenu du vieillissement démographique et du risque accru de chute chez les aînés, la problématique des chutes est devenue une préoccupation de santé publique (World Health Organization, 2015). Les répercussions sont nombreuses et graves, tant sur le plan individuel que sur le plan politique et ce, particulièrement dans les cas où l'aîné ne peut se relever après la chute. Les chutes considérées dans la suite de la thèse, sont donc les chutes graves entraînant l'impossibilité de se relever. En effet, les chutes sont responsables de blessures, de troubles psychologiques, de décès, d'une augmentation du fardeau du proche-aidant et de coûts accrus de services de santé (Burns, Stevens, & Lee, 2016; World Health Organization, 2015). Les pronostics de survie et d'hospitalisation postchutes s'améliorent avec une prise en charge rapide (Fleming, Brayne, & Cambridge City over-75s Cohort study collaboration, 2008; Tinetti, Liu, & Claus, 1993). Or, 70% des chutes causant des blessures surviennent à domicile (Direction générale de la santé publique du ministère de la Santé et des Services sociaux, 2012). Avec la baisse de la natalité, l'allongement de la durée de vie et la généralisation du travail des femmes (souvent identifiées comme les proche-aidantes), continuer de s'appuyer sur les proches-aidants (aidants informels) pour la gestion des chutes n'est pas une option viable dans le temps (Wolff et al., 2017; World Health Organization, 2015). Les proches-aidants ont de moins en moins de temps à consacrer à l'aîné et sont parfois conduits à l'épuisement (Ducharme, 2006; Wolff et al., 2017; World Health Organization, 2015). L'élaboration d'alternatives pour faciliter le maintien à domicile et dans la communauté dans des conditions sécuritaires devient incontournable (van Hoof, Kort, Rutten, & Duijnste, 2011).

Détecter et alerter rapidement après une chute à domicile devient primordial. Les technologies de détection des chutes sont prometteuses pour répondre à cette problématique, mais les systèmes existants ont des limites freinant leur utilisation (Mubashir, Shao, & Seed, 2013), tel qu'exposé précédemment. La VSI vise à pallier ces limites mais aucune technologie

similaire n'a été évaluée, en temps réel, dans des domiciles variés avec des aînés chuteurs. Rendre la VSI viable pour son implantation à domicile puis pour une éventuelle phase de commercialisation est prometteur pour favoriser le maintien à domicile en sécurité des aînés et réduire les conséquences des chutes graves entraînant l'immobilisation au sol. L'utilisation de gérontechnologies comme la VSI a le potentiel de diminuer la dépendance aux proches-aidants et l'impact des chutes des aînés sur le système de santé. L'implantation de la VSI permettrait ainsi d'améliorer la qualité de vie des aînés et celle de leurs proches-aidants en réduisant leur fardeau. Dans la mesure où peu d'études existent sur l'implantation de gérontechnologies à domicile, explorer la faisabilité de l'implantation de la VSI participe à l'avancement des connaissances dans le domaine du maintien à domicile s'appuyant sur des gérontechnologies.

L'ensemble de la thèse se base sur le Modèle de compétence qui explique la relation entre la personne et son environnement (Rousseau, Potvin, Dutil, & Falta, 2002), sur les précédentes études relatives à la VSI et sur la recension des écrits. Le but de la thèse est d'explorer la faisabilité de l'implantation de la VSI pour détecter les chutes à domicile pour améliorer la qualité de vie de l'aîné et diminuer le fardeau du proche-aidant.

Ainsi, la question de recherche générale était: « Comment implanter la vidéosurveillance intelligente pour détecter les chutes des aînés à domicile ? ». Des sous questions de recherche ont été définies, en lien avec le devis de recherche (énoncé dans la section 2.1. Méthode générale), pour prendre en considération chaque concept du modèle lors de l'implantation de la VSI à domicile:

1. Pour considérer la technologie, soit un aspect de l'environnement non-humain, et la bonifier en fonction de ce qui existe dans la littérature: « quelle est l'étendue et la variété des technologies pour détecter les chutes des aînés? » (article 1) et « quelle est l'étendue et la variété des technologies pour gérer l'errance chez les aînés atteints de la maladie d'Alzheimer et de maladies apparentées ? » (article 2).
2. Pour considérer la personne, notamment sa perception concernant les technologies de caméras à domicile: « quelle est la perception des femmes âgées chuteuses à l'égard de l'utilisation de la vidéosurveillance programmable à domicile pour observer la relation personne-environnement ? » (articles 3 et 4).

3. Pour considérer à la fois l'environnement non-humain, opérationnalisé par la technologie bonifiée grâce aux résultats des trois premières questions de recherche, le domicile, ainsi que les interactions personne-environnement, opérationnalisées par les activités à domicile et les chutes: « quelle est l'efficacité (principalement sensibilité et spécificité) de la VSI pour détecter les chutes en appartement-laboratoire? » et « comment la VSI fonctionne lors d'une implantation prolongée à domicile ? » (article 5).
4. Enfin, pour considérer tous les concepts du modèle lors de l'implantation de la VSI: «Comment l'implantation de la VSI peut répondre à la problématique des chutes des aînés à domicile ?» (article 6).

CHAPITRE 2. MÉTHODOLOGIE

2.1. Méthodologie générale

L'ensemble de la thèse se structure suivant un devis de recherche de développement (Contandriopoulos, Champagne, Potvin, Denis, & Boyle, 2005) en quatre étapes (Figure 2):

1. deux revues de la portée (*scoping reviews*) sur les technologies en lien avec le maintien à domicile et dans la communauté (*Aging in place*) (partie 1 : la détection des chutes ; partie 2 : la gestion de l'errance) ;
2. une étude qualitative sur la perception de femmes âgées chuteuses à propos d'un système de vidéosurveillance programmable (VSP) ;
3. une preuve de concept de la vidéosurveillance intelligente (VSI) et
4. une étude de cas multiples concernant l'implantation de la vidéosurveillance intelligente au domicile d'aînés chuteurs.

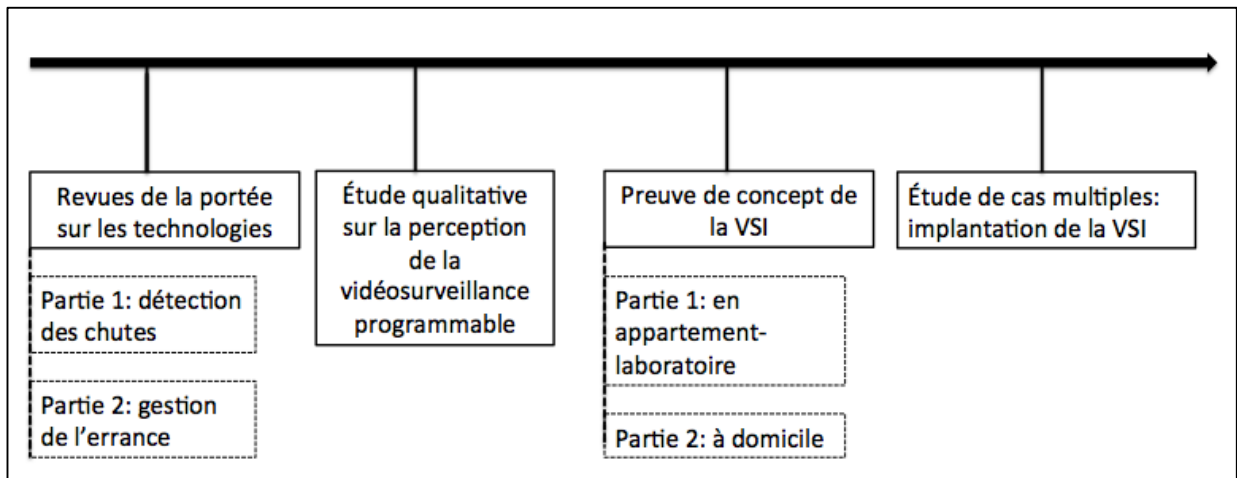


Figure 2 : Étapes du devis de recherche de développement

Ces étapes ont permis de répondre à la question de recherche générale suivante : Comment implanter la vidéosurveillance intelligente pour détecter les chutes des aînés à domicile ? Pour répondre à la question générale, des questions de recherche spécifiques à

chaque étape sont détaillées plus bas et présentées dans les articles en version originale dans le chapitre Résultats.

2.2. Synthèse des méthodologies

ÉTAPE 1. Revues de la portée (article 1 : The state of knowledge on technologies and their use for fall detection : A scoping review ; article 2 : What do we know about technologies for dementia-related wandering : A scoping review)

Devis et question de recherche.

Deux revues de la portée (*scoping review*) ont été réalisées suivant la méthodologie de Daudt, et al., (2013). Les questions de recherche étaient:

- Quelle est l'étendue et la variété des technologies pour détecter les chutes des aînés? (article 1)
- Quelle est l'étendue et la variété des technologies pour gérer l'errance chez les aînés atteints de la maladie d'Alzheimer et de maladies apparentées ? (article 2)

Critères de sélection.

Les critères de sélection des revues sont précisés dans les articles (article 1 et article 2). Les différences et similitudes de critères de sélection entre les deux revues de la portée sont exposées dans l'annexe 1.

Procédure.

Pour la revue sur les technologies de détection des chutes, la littérature a été cherchée dans trois banques de données (CINHAL, Embase et Medline). Pour la revue sur les technologies de gestion de l'errance, la littérature a été cherchée dans quatre banques de

données (EMBASE, CINAHL, Ovid Medline, et PsychINFO). Les équations de recherche appliquées aux titres, résumés, mots-clés et textes intégraux sont présentées dans les articles (article 1 et article 2). Pour la revue sur les technologies de gestion de l'errance, la littérature grise et les sites commerciaux ont été explorés dans Google, Institute of Health Economics, CADTH grey matters, The University of Alberta Grey Literature Collection, et Health on NET Foundation.

Le processus de sélection des études suivait la méthodologie de Daudt, Van Mossel, & Scott (2013) et incluait quatre étapes : 1) l'identification des études pertinentes dans les banques de données, 2) le filtrage (*screening*), soit l'application des critères de sélection aux titres et résumés, 3) l'éligibilité, soit l'application des critères de sélection aux textes intégraux et 4) l'inclusion finale après avoir appliqué les critères de sélection aux textes intégraux pendant la collecte de données. Deux membres de l'équipe de recherche ont indépendamment réalisé les étapes 2, 3 et 4, puis ont comparé leurs résultats. Les désaccords rencontrés étaient résolus par consensus ou par l'intervention de deux autres membres de l'équipe de recherche agissant comme une tierce partie.

Analyses.

Une grille de collecte des données a été développée pour rassembler les variables détaillées dans l'article 1 et l'article 2 de la thèse. Les membres de l'équipe de recherche ont indépendamment extrait l'information de cinq études en travaillant en paires. Ensuite, chaque paire a comparé ses résultats pour atteindre un accord, et discuté des éventuels désaccords. Un membre d'une autre paire de réviseurs a assuré le rôle de tierce partie lorsque le consensus ne pouvait être atteint. Les données recueillies dans la grille de collecte ont été analysées de façon descriptive (Fortin & Gagnon, 2015).

ÉTAPE 2. Perception de femmes âgées chuteuses concernant un système de vidéosurveillance programmable (article 3 : A methodology of implementing a videomonitoring system for community-dwelling elderly et article 4 : Elderly women's perceptions of a videomonitoring system for analysing the person-environment interaction at home)

Devis et question de recherche.

Cette étape fait partie d'un projet pilote visant à explorer les interactions personne-environnement de femmes âgées chuteuses dans une situation d'urgence mictionnelle. Le projet pilote impliquait deux contextes : le laboratoire et le domicile. Pour répondre à la question de recherche générale de la thèse, seul le contexte à domicile était pertinent et fait l'objet de l'étape 2. L'étape 2 se concentre donc sur l'implantation d'un système de vidéosurveillance programmable (VSP) à domicile pour observer la relation personne-environnement de femmes âgées chuteuses lors de leurs déplacements de nuit pour se rendre à la toilette. Le but de l'étude est d'explorer les perceptions de femmes âgées chuteuses concernant l'implantation de la VSP à domicile. Une étude de cas multiples a été réalisée (Yin, 2014) pour répondre à la question de recherche « quelle est la perception des femmes âgées chuteuses à l'égard de l'utilisation de la vidéosurveillance programmable à domicile pour observer la relation personne-environnement ? »

Participants.

Les participantes (n=6) ont été recrutées selon les critères exposés dans l'article 4. Les unités d'analyses découlent du modèle théorique (Rousseau, 2017) et ciblent chacun des concepts : 1) la *Personne*, ici l'aînée ; 2) son *Environnement non-humain* : la VSI et son domicile (ex : architecture, mobilier, objets, etc.) ; 3) l'*Activité*, soit les déplacements ; 4) la *Situation de compétence* (le déplacement sans risque de chute) et la *Situation de handicap* (le déplacement avec risque de chute). Ces unités représentent les éléments qui forment l'interaction personne-environnement tel que présentée dans l'opérationnalisation du Modèle au chapitre 1. L'étude de ces concepts a permis de répondre à la question de recherche.

Les unités d'observation étaient identiques aux unités d'analyse, mais certaines unités d'observation ont permis de recueillir des données sur des unités d'analyses différentes dans le but de trianguler les données ; par exemple : les informations concernant l'aînée ont été collectées auprès de l'aînée elle-même, mais aussi grâce à la VSP ; de même, les informations concernant la VSP ont été collectées auprès de la technologie elle-même, mais aussi auprès de l'aînée lors des entrevues semi-structurées.

Les variables impliquées dans l'étude, inspirées de celles mises en évidence dans la recension des écrits de Ross et al. (2016) peuvent être classifiées selon le Modèle de compétence et sont exposées en annexe 2 (Ross, Stevenson, Lau, & Murray, 2016; Rousseau, Potvin, Dutil, & Falta, 2002).

Matériel et procédure.

La composition de la VSP est présentée dans l'article 4 Elderly women's perceptions of a videomonitoring system for analysing the person-environment interaction at home. La VSP a été implantée chez chaque participante pendant sept nuits consécutives (≥ 1 caméra/pièce selon les caractéristiques environnementales) dans la chambre, le corridor et la salle de bain. Les participants ont répondu à une entrevue semi-structurée avant puis après l'expérimentation. La procédure et la collecte des données sont détaillées dans les articles 3 et 4.

L'analyse des données, a été basée sur la stratégie de Yin (2014) fondée sur la proposition théorique (*Relying on theoretical propositions*). Deux étapes de validation ont été réalisées. Chaque désaccord a été discuté pour convenir d'un accord. Chaque étape de réduction des données a été validée. L'analyse de cas multiples a suivi l'analyse de synthèse transversale inter-cas (*cross-sectional synthesis*) de Yin (2014). Les données sociodémographiques, les résultats aux échelles et les réponses aux questions fermées des questionnaires ont été analysées de façon descriptive pour fournir de l'information sur les profils des participantes.

ÉTAPE 3. Preuve de concept (article 5: An intelligent video-monitoring system to detect falls:
A proof of concept

Devis et question de recherche.

Le but était d'évaluer comment la VSI fonctionne à domicile afin de résoudre les éventuels problèmes techniques avant l'implantation au domicile d'aînés chuteurs. Une preuve de concept a été réalisée en deux parties : 1) une simulation (Cheng et al., 2014) du quotidien des aînés à domicile pour répondre à la question de recherche « Quelle est l'efficacité (principalement sensibilité et spécificité) de la VSI pour détecter les chutes en appartement-laboratoire? » puis 2) un pré-test à domicile réalisé selon un devis qualitatif (Fortin & Gagnon, 2015) pour répondre à la question « Comment la VSI fonctionne lors d'une implantation prolongée à domicile ? ». Les objectifs de la simulation étaient : 1) tester les aspects techniques de la VSI et 2) évaluer sa capacité à détecter les chutes parmi des activités variées en appartement-laboratoire. Les objectifs du pré-test à domicile étaient de : 1) tester les aspects techniques de la VSI sur une période prolongée à domicile et 2) d'évaluer sa stabilité lorsqu'elle est activée en continu.

Le même matériel a été utilisé pour les deux parties de la preuve de concept et est présenté dans l'article 5 *An intelligent video-monitoring system to detect falls: A proof of concept*.

Procédures.

Partie 1- Simulation.

L'équipe multidisciplinaire a planifié l'installation de la VSI dans l'appartement-laboratoire du centre de recherche de l'Institut universitaire de gériatrie de Montréal. Trois caméras ont couvert l'appartement-laboratoire. Après une phase de calibrage (exposée dans l'article 5), les activités ont été simulées par des scénarios basés sur *l'Évaluation à domicile de l'interaction personne-environnement* (EDIPE) (Rousseau, 2013), un instrument d'évaluation pour analyser les interactions personne-environnement. Chaque scénario a été scindé en opérations (actions) telles que définies par l'EDIPE (Rousseau, 2013). Les scénarios ont été simulés de la chute à la réception de l'alerte sur un téléphone intelligent ou un ordinateur. Pour simuler les chutes, les participants tombaient sur un matelas pour assurer leur protection.

Partie 2- Pré-test à domicile.

Avant l'installation, des fonctionnalités de Windows ont été configurées telles que présentées dans l'article 5 pour permettre l'usage prolongé du système. Le calibrage du système était le même que pour la partie 1 (simulation) excepté pour les seuils de détection de mouvement (article 5). La VSI a été installée pour 28 jours.

Analyses.

Pour la partie 1 (simulation), une grille Excel a été remplie pour documenter les variables présentées dans l'article 5. Ces données ont été utilisées pour calculer la sensibilité (Se), la spécificité (Sp), la précision (P) et le taux d'erreur (E). Durant l'ensemble de l'expérimentation (partie 1 et partie 2), un journal de bord a été tenu puis analysé descriptivement pour documenter les forces et limites de l'installation de la VSI, ses aspects techniques, les alertes et la réception des courriels quotidiens confirmant que la VSI était active (Creswell, 2009; Krueger & Casey, 2009; Miles, Huberman, & Saldana, 2014).

Pour les deux parties, la qualité des images envoyées avec l'alerte et celle des images vidéo enregistrées ont été décrites en lien avec la luminosité et l'installation de la VSI.

ÉTAPE 4. *Implantation de la VSI* (Article 6: Implementing an intelligent videomonitoring system to detect falls of older adults at home: a multiple case study).

Devis et question de recherche.

Une étude de cas multiples (Yin, 2014) a été réalisée pour explorer les enjeux liés à l'implantation de la VSI pour la détection des chutes à domicile. La question de recherche était «Comment l'implantation de la VSI peut répondre à la problématique des chutes des aînés à domicile ?».

Participants.

Trois dyades, aîné-proche-aidant (n=3 aînés, n=3 proches-aidants), ont été recrutées selon les critères de sélection décrits dans l'article 6. Le nombre de participants à inclure était conforme à ce qui est recommandé pour les études de cas multiples (Stake, 2013). Les unités d'analyse découlent du modèle théorique (Rousseau, 2017) et sont les mêmes que pour l'étape 2 Perception de femmes âgées chuteuses concernant un système de vidéosurveillance programmable. À ces unités s'ajoutent les suivantes: 1) l'environnement humain : le proche-aidant ; l'environnement non-humain : la VSI et le domicile ; 2) le rôle (proche-aidé) et 3) le contre-rôle (proche-aidant). Ces unités représentent les éléments qui forment l'interaction personne-environnement comme présenté dans l'opérationnalisation du modèle. Les unités d'observation ont été les mêmes que les unités d'analyse, mais certaines unités d'observation ont permis d'obtenir des informations sur d'autres unités d'analyse afin de trianguler les données, par exemple : les informations concernant l'aîné ont été collectées auprès de lui, et aussi grâce à la VSI. Les variables impliquées dans l'étude sont exposées en annexe 2.

Matériel et procédures.

Le matériel composant la VSI est présenté dans l'article 6. La VSI a été implantée pour une période de deux mois consécutifs pour chaque dyade. Le proche-aidant a reçu la ou les alerte(s) et a accédé aux images en temps réel depuis son téléphone intelligent, son ordinateur ou sa tablette électronique.

La procédure et la méthode de collecte des données sont présentées dans la Figure 3.

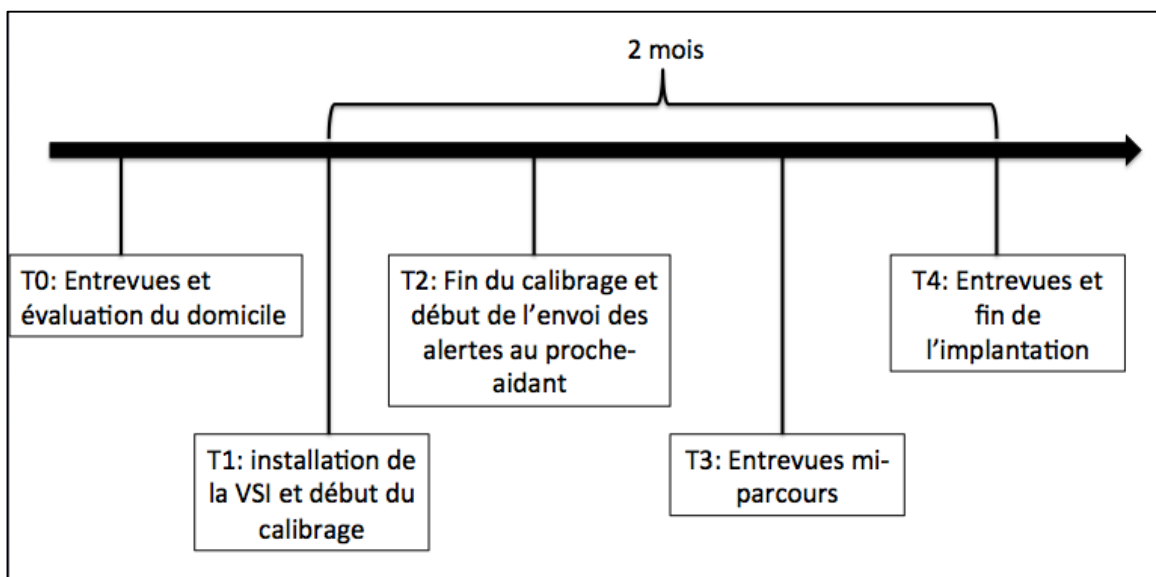


Figure 3. Déroulement de l'implantation à domicile

Les images auxquelles accédaient les proches-aidants pouvaient être brouillées automatiquement avant l'envoi au choix de l'aîné. La Figure 4 présente un exemple d'alerte envoyé après le brouillage des images.

VSI4 <survideo@iro.umontreal.ca>

À moi, [REDACTED]

✖A anglais ▼ > français ▼

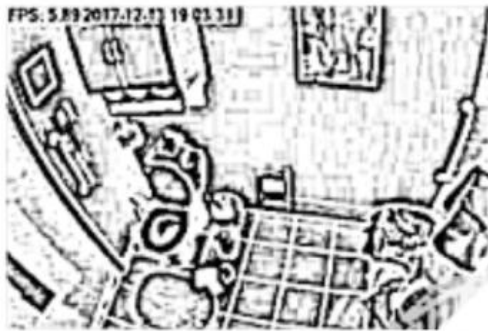


Figure 4. Exemple d’alerte envoyée avec une image traitée pour respecter la vie privée de l’aîné.

La procédure était identique pour chaque dyade. Les participants ont reçu un dédommagement de 300\$ pour la participation durant les deux mois d’implantation de la VSI.

Collecte de données

Des entrevues individuelles (en personne), à partir de guides d’entrevue, le jour de l’évaluation du domicile (T0), à mi-parcours (T3) et à 2 mois (T4) après l’installation ont été enregistrées (audio) auprès des aînés et des proches-aidants. Les données sociodémographiques et les instruments d’évaluation (voir article 6) ont été passés en T0 et T4 (les variables collectées sont présentées en annexe 2). Quotidiennement, les aînés ont répondu à une courte entrevue téléphonique pour vérifier le bon fonctionnement de la VSI et le bien-être de l’aîné. Les proches-aidants ont rempli un journal de bord. Tout au long de l’expérimentation, un journal de bord pour documenter tout élément contextuel pouvant influencer les résultats a été tenu.

Avec le consentement éclairé de l'ainé, les trente secondes précédant la chute ont été conservées afin d'analyser les causes de cette dernière. Ces images ont été brouillées telles que présentées, précédemment dans la Figure 1.

Analyses.

Les données qualitatives des entrevues ont fait l'objet d'analyses de contenu qualitatives (Miles, Huberman, & Saldana, 2014). En raison de la taille d'échantillonnage, les données des instruments d'évaluation Échelle de Zarit (Zarit, Orr, & Zarit, 1985), FES-I (Tinetti, Richman, & Powell, 1990), SAFE (Lachman et al., 1998) et MoCA (Nasreddine et al., 2005) ont été traitées de façon descriptive et qualitative pour décrire des modifications du fardeau et de la peur de chuter liées à l'usage de la VSI. Les journaux de bord ont permis de compléter l'information recueillie durant l'implantation.

Sur le plan technologique, les vrais positifs (VP) (chute réelle détectée), les faux positifs (FP) (chute détectée alors que l'ainé n'a pas chuté) ont été calculés en comparant les chutes détectées par le système et les chutes rapportées par l'ainé et son proche-aidant.¹ D'autres éléments relatifs au fonctionnement de la VSI, tels que les problèmes techniques éventuels ou le positionnement et l'orientation des caméras ont été documentés.

2.3. Considérations éthiques

Les différentes étapes impliquant des participants ont reçu l'approbation du Comité d'éthique à la recherche Neuroimagerie-vieillessement du CIUSSS du Sud-de-l'Île-de-Montréal (CER IUGM 14-15-025 annexe 5 et CER VN 16-17-36 ; annexe) et une procédure de convenance a été demandée puis approuvée par le CIUSSS de l'Est-de-l'Île-de-Montréal. Le consentement éclairé des participants a été recueilli lors des premières rencontres.

¹ La spécificité et la sensibilité n'ont pas été calculées pour cette étape compte tenu du nombre élevé de vrais négatifs (absence de chute, sans déclenchement d'alerte) prévus lors l'implantation de la VSI à domicile (Carrat, Mallet, & Morice, 2013).

Les données de recherche ont été conservées, selon les standards de l'éthique en recherche, dans un ordinateur protégé par un mot de passe installé dans un bureau fermé à clef au CRIUGM. Les données étaient anonymes : le nom des participants a été remplacé par un numéro d'identification. La correspondance nom/numéro d'identification est conservée dans un autre ordinateur protégé, dans un bureau fermé à clé, dans le but de limiter les risques de correspondance avec les données.

Conformément aux recommandations du Comité national d'éthique sur le vieillissement, des affiches signalant la présence de caméras à domicile ont été installées à l'entrée du domicile de l'aîné afin de prévenir les visiteurs, pendant toute la durée du projet (Comité national d'éthique sur le vieillissement, 2015). Également, suivant leurs recommandations, les images enregistrées ont été montrées aux participants. Pour préserver l'intimité, différents types de brouillage d'image ont été testés afin de trouver un compromis entre le respect de la vie privée et l'analyse des images pour déterminer l'état de l'aîné et, éventuellement, les causes de la chute (Online Media Technologies Ltd., s. d.). Les images vidéo ont donc été traitées (brouillées) en utilisant le logiciel AVS Video Converter software© (Online Media Technologies Ltd., s. d.) pour préserver la vie privée des participantes (Figure 1).

CHAPITRE 3. RÉSULTATS

Dans ce chapitre, les articles correspondant aux étapes résumées dans la Figure 2 sont présentés en version originale. Mon implication, pour chacun des articles et l'état de publication de chaque article sont présentés au début des articles. Les références par article sont exposées à la fin de chaque article.

3.1. The state of knowledge on technologies and their use for fall detection : A scoping review (article 1)

L'article correspond à l'étape 1 de la thèse et est publié dans la revue *International Journal of Medical Informatics* sous la référence suivante :

Lapierre, N., Neubauer, N., Miguel-Cruz, A., Rios Rincon, A., Liu, L., & Rousseau, J. (2018). The state of knowledge on technologies and their use for fall detection: A scoping review. *International Journal of Medical Informatics*, 111, 58-71. doi:[10.1016/j.ijmedinf.2017.12.015](https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2017.12.015)

Le format de l'article est conforme aux normes de la revue; ses références, figures et tableaux sont présentés en fin de l'article. Pour cet article, ma contribution à titre de première auteure sous la supervision de la professeure Jacqueline Rousseau (directrice de thèse), incluait la conception de la méthodologie, la recherche dans les banques de données, la sélection des études, l'extraction des données, leur interprétation et la rédaction du manuscrit.

Authors' affiliations

Lapierre, N., Neubauer, N., Miguel-Cruz, A., Rios Rincon, A., Liu, L., Rousseau, J.

Nolwenn Lapierre

1. Faculty of Medicine, Université de Montréal, C.P. 6128 Centre-ville, Montréal (Qué.) H3C 3J7. School of Rehabilitation, Site Pavillon Parc. Email: nolwenn.lapierre@umontreal.ca
2. Research Center, Institut universitaire de gériatrie de Montréal (Pavillon André-Roch Lecours), 4565 chemin Queen-Mary, Montréal, Québec, Canada, H3W 1W5. Phone: (514) 340-3540 #4146. Email: nolwenn.lapierre@umontreal.ca

Noelannah Neubauer

Department of Occupational therapy, Faculty of Rehabilitation Medicine, University of Alberta. 2-64 Corbett Hall, Edmonton, AB. Canada T6G 2G4. Phone: (780) 492-5108. Email: noelanna@ualberta.ca

Antonio Miguel Cruz

1. Professor and Chair Biomedical Engineering Program. School of Medicine and Health Sciences, Universidad del Rosario. Calle 63D # 24-31, 7 de Agosto, Bogotá D.C, Colombia. Phone: 2970200. Email: antonio.miguel@urosario.edu.co.
2. Adjunct Professor. Department of Occupational Therapy. Faculty of Rehabilitation Medicine. University of Alberta. 2-64 Corbett Hall, Edmonton, AB. Canada T6G 2G4. Email: miguelcr@ualberta.ca.

Adriana M Rios Rincon

1. Professor, Occupational Therapy Program. School of Medicine and Health Sciences, Universidad del Rosario. Calle 63D # 24-31, 7 de Agosto, Bogotá D.C, Colombia.
Phone: 2970200. Email: adriana.rios@urosario.edu.co,
2. Adjunct Professor. Department of Occupational Therapy. Faculty of Rehabilitation Medicine. University of Alberta. 2-64 Corbett Hall, Edmonton, AB. Canada T6G 2G4.
Phone: (780) 492-5108. Email: aros@ualberta.ca.

Lili Liu

Professor and Chair, Department of Occupational therapy, Faculty of Rehabilitation Medicine, University of Alberta, 2-64 Corbett Hall, Edmonton, Alberta, Canada T6G 2G4.
Phone: (780) 492-5108. Email: lili.liu@ualberta.ca

Jacqueline Rousseau (corresponding author)

1. Faculty of Medicine, Université de Montréal, C.P. 6128 Centre-ville, Montréal (Qué.) H3C 3J7. School of Rehabilitation, Site Pavillon Parc. Téléphone: (514) 343-6111#1070. Email: Jacqueline.Rousseau@umontreal.ca
2. Research Center, Institut universitaire de gériatrie de Montréal (Pavillon André-Roch Lecours), 4565 chemin Queen-Mary, Montréal, Québec, Canada, H3W 1W5.
Téléphone: (514) 340-3540 #3249. Email: Jacqueline.Rousseau@umontreal.ca

The state of knowledge on technologies and their use for fall detection : A scoping review

ABSTRACT.

Background: Globally, populations are aging with increasing life spans. The normal aging process and the resulting disabilities increase fall risks. Falls are an important cause of injury, loss of independence and institutionalization. Technologies have been developed to detect falls and reduce their consequences but their use and impact on quality of life remain debatable. Reviews on fall detection technologies exist but are not extensive. A comprehensive literature review on the state of knowledge of fall detection technologies can inform research, practice, and user adoption.

Objectives: To examine the extent and the diversity of current technologies for fall detection in older adults.

Methods. A scoping review design was used to search peer-reviewed literature on technologies to detect falls, published in English, French or Spanish since 2006. Data from the studies were analyzed descriptively.

Results: The literature search identified 3202 studies of which 118 were included for analysis. Ten types of technologies were identified ranging from wearable (e.g., inertial sensors) to ambient sensors (e.g., vision sensors). Their Technology Readiness Level was low (mean 4.54 SD 1.25; 95% CI [4.31, 4.77] out of a maximum of 9). Outcomes were typically evaluated on technological basis and in controlled environments. Few were evaluated in home settings or care units with older adults. Acceptability, implementation cost and barriers were seldom addressed.

Conclusions: Further research should focus on increasing Technology Readiness Levels of fall detection technologies by testing them in real-life settings with older adults.

KEYWORDS

Scoping review; Falls; Technology; Older adults.

1. Introduction

Older adults (60 years old and older as defined by the World Health Organization or WHO) will represent 28% of the global population by 2050 [1]. In, Canada, Western Europe, China and Chile older adults will represent at least 30% of the population in 2050 [1]. In Japan, older adults already represent 30% of the population [1]. Aging is associated with physical, sensory, and cognitive disabilities associated with increased risk of falls. A fall is defined as “inadvertently coming to rest on the ground, floor or other lower levels, excluding intentional change in position to rest in furniture, wall or other objects” [2, p1]. Between 2008 and 2015, worldwide statistics show an annual incidence of 30% [1,2]. Risk of falling increases with age, with 50% of older adults experiencing a fall-related event each year after the age of 85 [1].

Falls are responsible for 85% of older adults’ hospitalizations for injury in Canada [3]. After experiencing a major fall, an estimated 20% of older adults will die within a year [3]. The inability to get up after a fall is associated with injuries and complications (e.g., hip fracture, pressure sores) leading to hospitalizations [4,5]. Adverse outcomes associated with falls in older adults have resulted in an annual cost of \$2 billion in Canada [3]. Falls also impact psychological health, (e.g., depression) [1,3] and family caregivers’ quality of life and burden [6–8]. Caregivers of older adults express an ongoing concern related to falls [6,7,9]. As 80% older adults cannot get up after a fall, their ability to reach for a telephone to seek help is hindered [5,10]. Thus, falls are a serious concern in health care and for family caregivers, contributing to increased caregiver burden. Consequently, a wide interest in ways to detect falls is increasing.

It is widely believed that fall detection fosters aging-in-place [11,12]. Technologies, which can be defined as “the application of information processing involving both computer

hardware and software” [13], have been developed to detect falls and reduce the time older adults remain on the floor after a fall. These technologies can be classified according to whether they detect falls automatically or need to be activated by an older adult. Alert technologies, that need to be activated by an older adult, include wall-mounted systems (e.g., warning cord) and wearable systems (e.g., wristwatch alarms) [14,15]. These technologies, however, present limitations; for example, if an older adult is unconscious, confused or has cognitive impairment, he or she cannot activate a non-automatic technology to rise an alert. Moreover, when they wear it, 80% of older adults do not use their alarm button (e.g., pendant linked to a 24/7 call center) after a fall, due to difficulty in activating it, or for fear of disturbing caregivers [5]. Automatic fall detection technologies (e.g., accelerometers) may address this issue by immediately detecting a fall and automatically sending an alert to a caregiver or a call center. The perception of older adults toward automatic fall detection technologies is favorable [16,17].

Automatic fall detection systems remain underused while research and development in this area is burgeoning [14]. Existing literature reviews on fall detection systems [18–20] have limitations. Some present a narrow scope, for example, they focus on one type of technology, or exclusively on studies involving older adults [21–23]. Thus, their reviews provide an incomplete state of knowledge regarding fall detection technologies. Other reviews do not describe search methodology, so could not be replicated, nor did they apply a rigorous approach [19,20,24]. This is the case for the following reviews: Sree Madhubala et al. (2015)[24] describe advantages/disadvantages of wearable sensors, acoustic sensors and computer vision method by emphasizing the technological aspects (e.g., accuracy); Mubashir et al. (2013) [14] provide a classification of fall detection technologies; Pannurat et al. (2014)[20] conclude that most technologies are wearable. These results may be challenged because the authors did not document their methodology. In their review, Atoyebi, Stewart, and Sampson (2015) [18] aimed to do a critical analysis of the literature on the use of information technologies (e.g., wireless sensors) to detect and prevent falls. But in their manuscript, they primarily focused on fall prevention and not on detection, thus, their review was incomplete. These limitations in the literature reflect the scarcity of reviews on fall

detection technologies. To address this gap, this scoping review examines the extent and the diversity of current technologies (all types of technologies) for fall detection in older adults.

2. Material and methods

A scoping review design was used, based on Daudt et al.'s [25] modification of Arksey and O'Malley's framework for scoping review [26]. Their definition of scoping review emphasizes that this kind of review must document the key concepts, gaps and the type of sources of evidence regarding one subject, in this case, fall detection technologies. Their recommendations emphasize the benefits of an inter-professional team to ensure comprehensiveness and rigor for sources identification and data extraction; the framework provides guidance on how to divide the tasks while preserving the consistency of the review. Based on these principles, details about our methodology are presented.

A multidisciplinary research team (rehabilitation, gerontology and biomedical engineering) of six co-authors (researchers, PhD candidates) and one research assistant collaborated on this review. The use of Daudt et al.'s framework [25] enables an extensive review on fall detection technologies, e.g., research designs, publications per year, type of technology and outcome measured and highlights the gaps in the literature.

2.1. Scoping review sources and search terms.

The research team had several meetings to discuss search terms and search strings. A co-author (NL) and a librarian searched three electronic databases using the search strings (CINHAL, Embase and Medline) in March 2016. The following MesH terms were searched in the title, abstract, keywords and full text: (Fall detector* OR Fall detection* OR Technolog* OR Gerontechnolog* OR Telemedicine OR Telehealth OR Telecare OR Robotic* OR Microsensor* OR Sensor* OR Biosensor* OR Monitoring OR Smart home OR Computer

systems OR Biosensing OR Techniques OR Artificial intelligence OR Fall-down detector*) AND Fall* AND (Aged (≠ ab ti) OR Geriatr* OR Geronto* OR Aging OR Older not older than OR Senior OR Elderly OR Health OR services for the aged OR Home for the aged) NOT (Placebo* OR Serotonin* OR Cardiovascular OR Hypertension OR Predictor* OR Prediction* OR Gait analysis OR Predict* OR Heart/heart disease OR Lung/pneumolog* OR Cancer OR Medication/drug OR Depression). All studies were imported into EndNote reference manager (Version X7 for Mac)[27].

2.2. Selection criteria.

Inclusion and exclusion criteria were established by the research team for achieving comprehensiveness [26].

Inclusion criteria:

1) Studies that focus on technologies that:

- a. address falls or have the potential to address falls in older adults;
- b. are at any Technology Readiness Level (TRL) [28];
- c. are embedded or worn on a person;
- d. are used indoor or outdoor.

2) Sources included:

- a. studies regardless of methodologies (excluding reviews) and the positive or negative results;
 - i. for clinical papers: studies that included participants aged 50 years and older to include a wide range of studies;
 - ii. for research and development papers: no age limit, to avoid excluding papers that present technologies with potential application to older adults.

b. conference proceedings.

3) Publications in English, French or Spanish.

Exclusion criteria:

- 1) Studies about assistive technologies except if they included software or hardware for detecting falls.
- 2) Studies not available in full paper.
- 3) Studies that did not provide enough information for charting the data.
- 4) Reviews, theoretical papers, seminar papers or letters to the editor.

2.3. Study selection

The study selection process included four steps: 1) identification of relevant studies in the literature, 2) screening (applying criteria to the abstracts), 3) eligibility (applying criteria to the full papers), and 4) inclusion (re-applying criteria to the full papers during data extraction).

For Step 1 (identification), after a search of databases, duplicates were removed. Prior to steps 2, 3 and 4, two members of the research team, AMRR (rehabilitation) and AMC (Biomedical Engineer) who have experience in conducting literature reviews trained the members of the team NL, NN and the research assistant in paper selection and data extraction. In doing so, three abstracts were randomly selected from those retrieved in phase 1 and were assessed by two researchers and two PhD candidates. Then, for the next steps (2, 3 and 4), two team members (NL, NN and NL with the research assistant) independently completed the review, compared their results (inter-rater) and documented the reasons for exclusion. If a disagreement occurred, it was resolved by consensus or by two co-authors acting as a third reviewer. Percentage of agreement was calculated for steps 2, 3 and 4.

For step 2 (screening), NL and NN applied inclusion and exclusion criteria to the titles and abstracts. Studies that did not meet the inclusion criteria were excluded. For step 3 (eligibility), NL and a research assistant reviewed the full texts. Finally, for step 4 (inclusion), NL, NN, JR and the research assistant applied criteria again to the full texts while extracting the data of the remaining sources. If a disagreement occurred, it was resolved by consensus and if consensus was not achieved, then two co-authors (AMC and AMRR) acted as a third reviewer for solving the disagreement. The selection procedure and the inter-raters agreement (percentages) are shown in Figure 1.

Insert Figure1

2.4 Charting the data

The whole research team had several meetings for deciding the variables to be extracted from included papers. A chart was developed by the multidisciplinary team to extract data from the sources to gather technological information as well as health related information. Two co-authors (AMRR, AMC), experienced in conducting literature reviews, trained two other co-authors (NN, NL) and a research assistant in charting the data. In doing so, four co-authors and the research assistant independently extracted the information from five papers working in pairs (NL and the research assistant; NL and NN; AMRR and AMC). Then, each pair of raters compared their results to reach an agreement or discuss any disagreement, to ensure the consistency of the rest of the analysis. All the involved authors discussed about their understanding of the study variables. One of the four co-authors, from another pair of raters, acted as a third reviewer in case of disagreement. Charted data were analyzed descriptively. Data included:

- 1) General characteristics of included studies: study title, authors, year of publication, country of the study, journal title, Source Normalized Impact per

Paper (SNIP, according to the Scopus [29]), type of manuscript (journal paper, conference proceeding), and the Journal Quartile per Scientific Journal Ranking (SJR) for ranking journal within a subject from Q1 (top 25% for this subject based on the impact factor) to Q4 (lowest 25% for the subject based on the impact factor) [30].

- 2) Characteristics of the technology:
 - a. type of hardware and software;
 - b. transmission method;
 - c. Technology Readiness Level (TRL) to assess the level of technology development according to 9 levels, from TRL1 (first stage of development) to TRL9 (the most advanced level of development) [28];
 - d. duration of monitoring: continuous (≥ 12 hours of monitoring per day) or occasional (≤ 12 hours of monitoring per day);
 - e. ambient technology (embedded in the environment)
 - f. wearable (worn by an older adult).
- 3) Type of research conducted:
 - a. type of study (technological, usability or clinical);
 - b. randomized control trial quality according to the 10 levels of the Physiotherapy Evidence Database (PEDro) Scale [31]. A score under four indicates “poor” quality, a 4-5 score indicates “fair” quality, a score between 6 and 8 indicates “good” quality, and a score of 9 or 10 indicates “excellent” quality;
 - c. study design according to the McMaster assessment of study appraisal [32,33] classifying study design as 1) quantitative (7 designs, e.g. cohort design) or 2) qualitative (5 designs, e.g., grounded theory).
 - d. aim of the study;

- e. number of participants and their characteristics (age, gender, ethnicity, diseases, frequency of falls), the type of caregiver involved (professional, spouse, children or other);
 - f. experiment (length and setting).
- 4) Main outcomes and their measurement;
 - 5) Elements regarding the implementation of the technologies: cost, privacy concerns and barriers to the implementation.

2.4. Bias control.

Two types of bias were controlled: publication bias and rater bias. To minimize the publication bias, three databases (CINHAL, Embase, Medline) were searched and two types of publications (scientific papers, conferences) from three languages (English, French, Spanish) were included without restriction regarding the type of outcomes reported [34]. This method enabled the authors to obtain a comprehensive and wide range of documents [26]. Bias related to raters were minimized by involving a team of six raters from various disciplines (rehabilitation, gerontology, engineering) providing a large perspective to the selection and the charting processes [25]. This bias was also attenuated by involving two independent raters (for the steps 2, 3 and 4) and a third one in case of a disagreement when applying the inclusion/exclusion criteria and to chart the data [25,26].

3. Results

3.1. General characteristics of included publications

After applying the selection criteria, 118 studies (3.68%, 118/3202) were included in the charting and the analysis phases. Among them, 80 (67.80%) were journal papers [35–114]

and 38 (32.20%) were conference proceedings [115–152]. Most studies were conducted in European (n=45; 38.13%) and North American countries (n=39; 33.05%), the rest were from Asia (n=18; 15.25%) and Australia or New Zealand (n=5; 4.23%). Some studies (n=10; 8.47%) were conducted in collaboration with research sites from different continents (e.g., Europe and Australia [40]).

Included studies were published between August 2006 and February 2016. The journal impact factor could not be provided for 23 studies (19.49%) because they were conference proceedings or the coverage was discontinued in Scopus [29], for the other studies, the SNIP mean was 0.88, SD 0.5; 95% CI [0.79, 0.97]. Regarding the Journal Quartile per SJR journal classification [30], it could not be extracted for 37 (31.36%) studies for the same reasons (conference proceedings, discontinued coverage). For the 81 other studies, n=33 studies (40.74%) were located in Q1 (top 25% of journal for its subject), n=35 studies (43.21%) in Q2 (between top 25% and top 50%), n=12 studies; (14.81%) in Q3 (between top 50% and top 75%), and n=1 study (1.23%) was located in Q4 (lowest 25%) according to Journal Quartile per SJR journal classification[30].

3.2. Characteristics of the technologies.

Ten different types of technologies were identified: inertial sensors, locating systems, combination of inertial sensors and locating systems, vision sensors, infrared sensors, pressure sensors, sound sensors, radar sensors, mix of different ambient sensors, combination of wearable and ambient technologies. They were classified into three categories according to the hardware type: 1) wearable technologies, 2) ambient technologies and 3) combination of wearable and ambient technologies. Wearable technologies encompass two different types of hardware: inertial sensors (e.g., triaxial accelerometer) and locating systems (GPS) or a combination of both. Ambient technologies include vision sensors (e.g., cameras), sound sensors (e.g., microphones), radar sensors (e.g., doppler radar), infrared sensors and pressure sensors (e.g., floor sensors) or a combination of them. The publications per type of technology are shown in Table 1.

Insert Table 1

One publication did not provide enough information to classify the ambient technology presented due to its state of development: the aim of the study was to explore users' attitude toward a robot that detected falls without specifying the type of sensor (e.g., vision, radar); it is categorized as not applicable (N/A) within the ambient technologies. Between 2006-2016, the only trend is that publications regarding wearable and ambient technologies combined were a minority (n=28; 23.73%). Figure 2 presents the distribution of the types of technologies published each year.

Insert Figure 2

Most articles (n=64; 54.23%) did give enough information to categorize the algorithm used to detect falls. The most common algorithms to detect falls were implemented using data mining techniques (n=18; 15.25%), support vector machines (n=23; 19.49%) and algorithms based on fuzzy logic methods (n=3; 2.54%). For the case of algorithm implementation using only one data mining method, it was found that nearest neighbor (n=7; 5.93%), root-sum-of-squares (n=6; 5.08%), artificial neural networks (n=3; 2.54%), and hidden Markov models (n=3; 2.54%) were the most common methods used. Ten articles (8.47%) presented combinations of different data mining techniques including local outlier factor and binary classification method. Forty-two studies (35.50%) did not specify the transmission method used for their system; for the 76 other studies (64.40%), transmission methods encompass WiFi, bluetooth, Zigbee and mobile wireless network.

The reported durations of monitoring were either continuous (n=20; 16.95%) [38–41,43,44,51,52,55,68,73–75,79,80,99,100,106,138,140], or occasional (n=12; 10.17%)[35–37,50,57,60,66,117,143,148,151,153] but most studies (n=86; 72.88%) did not provide this information.

3.3. Type of research conducted

For most of the studies (n=101; 85.59%), the research design could not be classified according to the McMaster Assessment of Study Appraisal [32,33] because they were not intervention studies or because the authors did not specified their research design; for the other studies (n=17; 14.41%), the research design was classified as follows: n=5 (4.24%) qualitative research designs (n=4; 3.39% phenomenological approach and n=1; 0.85% case study), n=8 (6.78%) quantitative research designs (n=2; 1.69% cohort design, n=3; 2.54% case study design and n=3; 2.54% cross sectional design) and n=4 (3.39%) mixed methods design. As no randomized clinical trial was identified, the PEDro scale was not used.

Some studies (n=44; 37.29%) described the technology functioning; among them, the majority (56.82%; n=25) were publications about ambient technologies [39,59,64,72,77–79,87,91,103,105,110,112–116,120,128,134,135,138,141,142,152], 25% (n=11) were about wearable technologies [63,70,92,94,111,123,126,127,131,139,145] and 18.18% (n=8) about combined technologies (wearable and ambient)[44,53–55,73,74,130,151]. Some studies (33.98%; n=40) evaluated the technology, in which 55% (n=22) were wearable technologies [35,38,42,46,48,51,56,58,67–69,80,88–90,108,119,146–148,150,154], 27.5% (n=11) were ambient technologies [36,37,50,71,99,117,129,132,133,137,143], and 17.5% (n=7) were combined (wearable and ambient) [40,41,57,60–62,82]. For studies that presented the development process of a technology (16%; n=19): most were about wearable technologies (57.89%; n=11) [47,66,84,97,107,109,121,124,140,149,153], 31.58% (n=6) were ambient technologies[43,95,102,104,136,144], and two (10.52%) were combination of wearable and ambient [93,122]. Few studies (4.24%; n=5) examined users' perception and acceptance of technology [49,75,85,96,106] and 7.63% (n=9) presented both the development and the evaluation of the technology [47,52,65,76,81,83,86,101,118].

Some studies presented multiple phases of the technology development and evaluation related to various types of participant samples (n=123), and different settings (n=122). The distribution of the settings and participant samples is presented in Table 2.

Insert Table 2

Three out of 123 samples (2.44%) used mannequins to simulate falls. Otherwise, few studies (n=11/123; 8.94%) included caregivers, two studies of these (18.18%) included family caregivers (e.g., spouse, child) and nine (81.81%) included formal caregivers (e.g., nurses, occupational therapists). Most studies (n=107/123; 90.68%) did not include caregivers.

Regarding the 122 settings, most were controlled environments (laboratories, apartment labs; n= 55/122; 45.09%) where the environmental conditions were optimized for the technology functioning (e.g., constant light for vision sensors or silent environment for testing sound sensors).

3.4. Main outcomes and their measurement

Most of included studies (n=85; 72.03%) had more than one outcome: they were predominantly technological outcomes such as sensitivity (n=47; 24.48%), specificity (n=45; 23.44%), and accuracy (n=38; 19.79%). Some studies focused on the characteristics of falls that should be captured (e.g., peak value, trunk velocity) or the threshold needed to detect falls. Other technological outcomes included the probability of detecting falls, reliability, and error rate. No outcome was related to health (e.g., post fall hospitalization rate, depression scale), or quality of life (e.g., caregiver burden). Outcomes for each technology type are presented in Figure 3.

Insert Figure 3

Sensitivity of wearable systems ranged from 19% in nursing home [80] to 100% in laboratory settings [56,81,92,97]. For ambient technology, it ranged from 59.66% in an apartment [151] to 100% in laboratories [36,59,77,78,117,133]. The sensitivity of combined

technologies ranged from 62.5% in a geriatric ward [40] to 100% in controlled environments (e.g. laboratories) [73,74,83]. The specificity of wearable technologies ranged from 78% [97] to 100% [69,139] in laboratories. For ambient technologies, it ranged from 66.67%[117] in a laboratory to 100% [37,39,77,128,152] in various environment (e.g. smart environment, bedroom, laboratory). Combination technologies had a specificity ranging from 73.5% in laboratory [155] to 99.5% in a geriatric ward [41]. Regarding accuracy, wearable systems ranged from 86.97% [147] to 100% in laboratory [56,131] and in the home of older adults [127]. The accuracy of ambient technologies ranged from 89.33% [36] to 98% in laboratories [78]. Combinations of wearable and ambient technology ranged from 70% [40] to above 99% in laboratories [55]. Regarding acceptance of wearable technologies, one study reported a sense of security and 61% of general satisfaction from older adults [96]. Two other studies on ambient and wearable technologies explored acceptability: one reported an itchy sensation from the wearable part of their system [41] and the other showed a mean of 4.2 on a 5 maximum scale to assess users' opinion on the technical acceptability of their fall detection system [54]. One study that explored users' perception on a wearable technology showed that the device gave reassurance and independence to its users [106]. Four studies explored perception on ambient technologies, they highlighted the importance of this type of technology [49], reported a perception of safety [72,85] for users and advantages perceived by health professionals [75]. The TRL for each type of technology (Table 3) reveals that the overall TRL is low (mean 4.54, SD 1.25; 95% CI [4.31; 4.77]). At TRL4 and TRL5, the technology is not prototypical, its components are integrated and validated in laboratory or relevant environment [28].

Insert Table 3

3.5. Do we address the implementation?

The studies mentioned elements regarding implementation: the cost of the technology, privacy issues, and barriers to technology implementation. Most studies (n=95; 80.51%) did not address the cost of the technology; some (n=18; 15.25%) mentioned it without specifying

a price (e.g., “we propose a low priced system” [36, p 6119]) and four studies (3.39%) gave an estimation of the price: 1) 1000 euros for a fall detection system [44]; 2) \$581 US dollars, for the hardware components [52]; 3) 200 euros per sensors [55]; and 4) \$20 US dollars per sound sensors [142]. Regarding privacy, 95 studies (80.51%) did not mention it; four (3.39%) mentioned privacy without details and 19 (16.10%) detailed how the technology would preserve privacy (e.g., by using a secure internet connection or blurring the recorded images) [37,43,44,52,57,60,73,75,85,87,100,105,113,115,116,129,130,134,151]. All 19 studies were about ambient technologies (n=12/19; 63.16%) or a combination of ambient and wearable technologies (n=7/19; 36.84%). Details regarding implementation barriers mentioned in the included studies and how they could be addressed are presented in Table 4.

Insert Table 4

4. Discussion

To our knowledge, this is the first scoping review that examines the extent and the diversity of technologies for fall detection without excluding a type of technology or a type of research design. In line with Daudt et al.’s definition of scoping review, we presented the extent of previous research on fall detection technologies (i.e., characteristics of the technologies and how they have been studied), analyzed their characteristics, and we highlighted the gaps that should guide future research [25].

4.1. General characteristics of included publications.

This scoping review includes 118 studies (out of 3202). This large number (n=118) of publications underscores that falls detection technologies is a growing field, and that technologies have the potential to help older adults to age-in-place associated with a better quality of life [17,156] .

Included studies were mainly published in Q1 and Q2 according to the Journal Quartile per SJR journal classification[30], meaning that most of them were published in the top 50% publications of their field. This suggests that studies have been peer-reviewed and have a good scientific rigor. However, the mean SNIP score (0.88) reveals that the citation impact of these publications is low, thus, their outcomes should be considered with caution. Furthermore, most publications are only related to the technology development and few examined the technology implementation [103].

4.2. Characteristics of the technologies.

Consistent with existing reviews on fall detection systems, we classified fall detection technologies relative to their hardware [14,24], and this review revealed 10 different types of hardware and three main categories of software. This implies that there is no outstanding technology to detect falls. As publications on wearable devices are as numerous as publications on ambient technologies, this scoping review shows that the development of technologies to detect falls does not fit with what some reviews recommend. These reviews recommend to further develop ambient technologies to provide older adults with help even when they forget to wear their wearable devices [14,15].

Moreover, between 2006-2016, no trend stands out except that combinations of ambient and wearable technologies are uncommon. This can be explained by the fact that developers may choose to start with one type of technology for a single purpose (e.g., accelerometers to monitor mobility) instead of integrated systems (e.g., fall detection systems to wear outside and ambient at home both related to the same call center). Thus, users' needs and preferences are not being addressed as older adults and caregivers have expressed a need for combined systems as described in these studies: ambient (embedded at home) and wearable when they leave home [9,85].

4.3. Type of research conducted

The study designs show that technologies are primarily in the initial stages of development: there is a dearth of evaluative studies (33.98%), especially regarding ambient technologies (11 studies among 118). The biggest proportion of studies (37.29%) is descriptive which is consistent with the literature on health technologies at home [157]. These gaps in the literature prevent from establishing recommendations for one technology over another.

4.4. Main outcomes and their measurement

Results regarding the outcomes and their measurement emphasize that comparing the different types of fall detection technologies is challenging for two reasons. First, this review highlights the wide variation in the contexts of technology assessment (e.g., laboratories, smart homes) and in the types of participants included (e.g., older adults, young adults), which contributes to the challenges in comparing different technologies from the same category (e.g., inertial sensors) or between different types of technologies (e.g., ambient versus wearable). Secondly, the research design was not consistently reported and no standard was used to guide the choice of outcomes; consequently, it is impossible for one to recommend any technology. To overcome this challenge, some authors suggest the creation of a consortium on the outcomes [19]. For example, Jutai et al. (2005)[158] developed a consortium for assistive technologies that could be useful as a baseline for future research.

Our study reported a variability of the technological outcomes reported in the included studies (i.e., specificity, sensitivity and accuracy). This suggests that it would be valuable to undertake a meta-analysis on the technological outcomes of these technologies to guide future research. However, such meta-analysis could not conclude on the effect of the technologies on their users because there is an absence of measures for outcomes related to health and quality of life of older adults and caregivers. For example, outcomes such as “independence” and

“functional recovery” are reported in the literature as expected outcomes of the use of gerontechnologies [159] but none of the studies measured them. Moreover, models regarding acceptance of technologies [159,160] identified elements that should be considered when evaluating fall detection technologies, but these elements were missing from most of the included studies: 1) the evaluation settings were different from the real living contexts such as home or long term care environments, and 2) participants were often young healthy subjects. As a consequence, the validity of the outcomes of these studies is questionable as little evidence support their use in real-life settings with relevant population of older adults [97,114,119].

4.5. Do we address the implementation?

The implementation and acceptance of the technology is rarely addressed in the included studies. For example, elements regarding the cost, the potential barriers to the use of the technology, the privacy issues and the involvement of caregivers are mentioned in few studies. This is a constant gap in the literature on health technologies [157], even though existing models regarding the acceptance of technologies emphasize these elements as they influence technology acceptance and use [159,161–163].

Caregiver involvement is paramount since family caregivers of older adults with history of falling have higher scores on the Zarit Burden scale compared to the caregivers of older adults who do not fall (27.6 versus 37.7, $p < 0.001$) [7]. Supporting the relevance of this involvement, in their model, some authors integrate caregivers as an external factor influencing the decision to use the technology [159] and some studies have included caregivers in the development phase [9,164]. Research that involves caregivers in the development and testing process is emerging.

These gaps in the literature may explain the discrepancy between the underuse of technologies to detect falls and their technological outcomes (e.g., sensitivity)[165].

Finally, only three studies explored user acceptance [41,54,96] indicating that research on fall detection technology is not aligned with the WHO's recommendation to address older adults' preferences [1]. This could be another explanation for the underuse of fall detection technologies [159].

4.6. Strengths and limitations

This review presents four main strengths: 1) Its wide scope enabled an exhaustive review of the literature on fall detection without excluding sources based on the type of technologies or the type of design [21–23]; 2) the multidisciplinary team provided exhaustiveness and rigor for source identification, selection and analysis. All members were involved to choose selection criteria and elements to add to the data extraction grid in order to reach comprehensiveness with extracted health related data (e.g., participants characteristics) and technological data (e.g. method used for transmission); 3) the coverage of the literature in three languages allows for a wider scope; 4) the rigorous assessment of all studies minimized rater bias [25]. However, this review presents some limitations. First, according to the scoping review methodology, the quality assessment of the included studies was not deep [26]. Though, as Daudt et al. (2013) [25] recommend, validated instruments are used to assess the quality of some aspects of the literature (e.g., Technology Readiness Level). Moreover, due to the heterogeneity of the included studies (various types of settings, level of development and outcomes), a comparison between them to highlight the most promising technology was impossible. Finally, for feasibility reasons, the grey literature was not explored and should be addressed in a future review.

4.7. Implications

This scoping review has the following implications:

1) It is not realistic to conduct a systematic review on fall detection technologies because of the variety of technological outcomes, settings and samples, and because of the lack of outcomes related to health and quality of life. These variations make quantitative analyses and comparisons a challenge. At this time, our scoping review allows a state of knowledge on fall detection and offers a direction for future development.

2) There is a gap between technology development and its actual use since most studies do not provide information on the implementation and the use of the technology (e.g., cost, transmission method for the data, privacy issues). Future publications should be expected to document these elements.

3) The technology performance varied according to the setting of evaluation, and was frequently lower in a real-life context than in a controlled environment. Therefore, more research in real-life context is necessary.

4) Outcomes are not related to aging-in-place nor to maintaining or improving quality of life of potential users. Following the WHO's recommendations, future research should focus on quality of life and aging-in-place.

5) Formal and family caregivers are not a part of the targeted population. Research efforts are needed to include them.

5. Conclusion

This study provides a rigorous scoping review regarding technologies to detect falls. The scientific literature in three languages was searched with inclusion and exclusion criteria to achieve an extensive review. Numerous studies on technologies to detect falls have been published. They include various types of technologies: wearable devices, ambient devices or technologies combining both. Even if their technological outcomes seem promising to enable aging-in-place, results must be considered with caution because the overall Technology Readiness Level was low and their evaluation are rarely related to ecologically valid

conditions. Few studies evaluated technologies with older adults who fell, and health outcomes were not assessed. The lack of consensus regarding the technological outcomes that needs to be assessed led to difficulties in comparing the results of different technologies. Further research should focus on evaluating outcomes in real-life conditions among older adults and should assess variables related to health and quality of life.

Acknowledgments

We thank Myrian Grondin, librarian at the Université de Montréal, for her assistance with the database search process, and Isabella Nikolaidis, research assistant, for her assistance with the selection and review of the literature.

The first author, [named blinded for revision] received a scholarship from the Faculté des études supérieures of the Université de Montréal. The following three authors [named blinded for revision] were supported by AGE-WELL NCE.

References

- [1] World Health Organization, World report on ageing and health, World Health Organization, Geneva, 2015.
- [2] WHO global report on falls prevention in older age, World Health Organization, Geneva, 2008.
- [3] Agence de santé publique du Canada, Chutes chez les aînés au Canada: deuxième rapport., 2014. http://epe.lac-bac.gc.ca/100/201/301/liste_hebdomadaire/2014/electronique/w14-36-U-F.html/collections/collection_2014/aspc-phac/HP25-1-2014-fra.pdf (accessed April 26, 2015).
- [4] F. Bloch, Les complications non traumatiques des chutes□: des conséquences trop souvent négligées chez la personne âgée, NPG Neurol. - Psychiatr. - Gériatrie. 15 (2015) 188–190. doi:10.1016/j.npg.2015.02.001.
- [5] J. Fleming, C. Brayne, collaboration and the Cambridge City over-75s Cohort study, Inability to get up after falling, subsequent time on floor, and summoning help: prospective cohort study in people over 90, BMJ. 337 (2008) a2227–a2227. doi:10.1136/bmj.a2227.
- [6] M.C. Faes, M.F. Reelick, L.W. Joosten-Weyn Banningh, M. Gier, R.A. Esselink, M.G. Olde Rikkert, Qualitative study on the impact of falling in frail older persons and family caregivers: foundations for an intervention to prevent falls, Aging Ment Health. 14 (2010) 834–42. doi:10.1080/13607861003781825.
- [7] M. Kuzuya, Y. Masuda, Y. Hirakawa, M. Iwata, H. Enoki, J. Hasegawa, S. Izawa, A. Iguchi, Falls of the elderly are associated with burden of caregivers in the community, Int J Geriatr Psychiatry. 21 (2006) 740–5. doi:10.1002/gps.1554.
- [8] S.H. Zarit, K.E. Reeve, J. Bach-Peterson, Relatives of the Impaired Elderly: Correlates of Feelings of Burden, The Gerontologist. 20 (1980) 649–655. doi:10.1093/geront/20.6.649.
- [9] Lapierre, C. Proulx Goulet, A. St-Arnaud, F. Ducharme, J. Meunier, S. Turgeon Londei, J. Saint-Arnaud, F. Giroux, J. Rousseau, Perception et réceptivité des proches-aidants

à l'égard de la vidéosurveillance intelligente pour la détection des chutes des aînés à domicile, *Can. J. Aging*. 34 (2015) 445–456. doi:10.1017/S0714980815000392.

[10] M.E. Tinetti, W.-L. Liu, E.B. Claus, Predictors and prognosis of inability to get up after falls among elderly persons, *Jama*. 269 (1993) 65–70.

[11] S.T.M. Peek, K.G. Luijkx, M.D. Rijnaard, M.E. Nieboer, C.S. van der Voort, S. Aarts, J. van Hoof, H.J.M. Vrijhoef, E.J.M. Wouters, Older Adults' Reasons for Using Technology while Aging in Place, *Gerontology*. 62 (2015) 226–237. doi:10.1159/000430949.

[12] J.L. Wiles, A. Leibing, N. Guberman, J. Reeve, R.E.S. Allen, The Meaning of “Aging in Place” to Older People, *The Gerontologist*. 52 (2012) 357–366. doi:10.1093/geront/gnr098.

[13] T.G. Thompson, D.J. Brailer, The Decade of Health Information Technology: Delivering Consumer-centric and Information-rich Health Care, Washington D.C., 2004. http://www.providersedge.com/ehdocs/ehr_articles/the_decade_of_hit-delivering_customer-centric_and_info-rich_hc.pdf (accessed September 20, 2017).

[14] M. Mubashir, L. Shao, L. Seed, A survey on fall detection: Principles and approaches, *Neurocomputing*. 100 (2013) 144–152. doi:10.1016/j.neucom.2011.09.037.

[15] X. Yu, Approaches and principles of fall detection for elderly and patient, in: 10th Int. Conf. E-Health Netw. Appl. Serv. 2008 Heal. 2008, 2008: pp. 42–47. doi:10.1109/HEALTH.2008.4600107.

[16] H. Hawley-Hague, E. Boulton, A. Hall, K. Pfeiffer, C. Todd, Older adults' perceptions of technologies aimed at falls prevention, detection or monitoring: A systematic review, *Int. J. Med. Inf.* 83 (2014) 416–426 11p. doi:10.1016/j.ijmedinf.2014.03.002.

[17] J. Van Hoof, H.S.M. Kort, P.G.S. Rutten, M.S.H. Duijnste, Ageing-in-place with the use of ambient intelligence technology: Perspectives of older users, *Int. J. Med. Inf.* 80 (2011) 310–331. doi:10.1016/j.ijmedinf.2011.02.010.

[18] O.A. Atoyebi, A. Stewart, J. Sampson, Use of Information Technology for Falls Detection and Prevention in the Elderly, *Ageing Int.* 40 (2015) 277–299. doi:10.1007/s12126-014-9204-0.

- [19] Y. Delahoz, M. Labrador, Survey on Fall Detection and Fall Prevention Using Wearable and External Sensors, *Sensors*. 14 (2014) 19806–19842. doi:10.3390/s141019806.
- [20] N. Pannurat, S. Thiemjarus, E. Nantajeewarawat, Automatic fall monitoring: a review, *Sensors*. 14 (2014) 12900–36. doi:10.3390/s140712900.
- [21] M. Habib, M. Mohktar, S. Kamaruzzaman, K. Lim, T. Pin, F. Ibrahim, Smartphone-Based Solutions for Fall Detection and Prevention: Challenges and Open Issues, *Sensors*. 14 (2014) 7181–7208. doi:10.3390/s140407181.
- [22] L. Schwickert, C. Becker, U. Lindemann, C. Marechal, A. Bourke, L. Chiari, J.L. Helbostad, W. Zijlstra, K. Aminian, C. Todd, S. Bandinelli, J. Klenk, F. Consortium, F.M.D.C.G. the, Fall detection with body-worn sensors□: a systematic review, *Z. Gerontol. Geriatr*. 46 (2013) 706–19. doi:10.1007/s00391-013-0559-8.
- [23] F.J.S. Thilo, B. Hürlimann, S. Hahn, S. Bilger, J.M.G.A. Schols, R.J.G. Halfens, F.J. Thilo, J.M. Schols, R.J. Halfens, Involvement of older people in the development of fall detection systems: a scoping review, *BMC Geriatr*. 16 (2016) 1–9 9p. doi:10.1186/s12877-016-0216-3.
- [24] J. Sree Madhubala, A. Umamakeswari, B. Jenita Amali Rani, A survey on technical approaches in fall detection system, *Natl. J. Physiol. Pharm. Pharmacol*. 5 (2015) 275–279. doi:10.5455/njppp.2015.5.0506201550.
- [25] H.M. Daudt, C. Van Mossel, S.J. Scott, Enhancing the scoping study methodology: a large, inter-professional team’s experience with Arksey and O’Malley’s framework, *BMC Med. Res. Methodol*. 13 (2013) 48.
- [26] H. Arksey, L. O’Malley, Scoping studies: towards a methodological framework, *Int. J. Soc. Res. Methodol*. 8 (2005) 19–32. doi:10.1080/1364557032000119616.
- [27] Clarivate Analytics, EndNote, 2013. http://endnote.com/?_ga=2.96196956.1537624838.1494342290-391085266.1490793223.
- [28] US Department of Energy, Technology readiness assessment guide, Washington D.C., 1992.

- [29] Elsevier B.V., Scopus, (n.d.).
<https://www.scopus.com/sources.uri?zone=TopNavBar&origin=searchbasic> (accessed December 29, 2016).
- [30] SCImago, SCI mago journal & country rank: un Nuevo porta, dos nuevos rankings., *EL Prof. Inf.* 16 (2007) 645–646.
- [31] C.G. Maher, A.M. Moseley, C. Sherrington, M.R. Elkins, R.D. Herbert, A description of the trials, reviews, and practice guidelines indexed in the PEDro database, *Phys. Ther.* (2008). <http://ptjournal.apta.org/content/early/2008/07/17/ptj.20080002.short> (accessed December 29, 2016).
- [32] M. Law, D. Stewart, N. Pollock, L. Letts, J. Bosch, M. Westmorland, Guidelines for Critical Review Form Quantitative Studies, McMaster Univ. Occup. Ther. Evid.-Based Pract. Res. Group. (1998).
- [33] L. Letts, S. Wilkins, M. Law, D. Stewart, J. Bosch, M. Westmorland, Guidelines for critical review form: Qualitative studies (Version 2.0), McMaster Univ. Occup. Ther. Evid.-Based Pract. Res. Group. (2007).
<https://www.canchild.ca/system/tenon/assets/attachments/000/000/360/original/qualguide.pdf> (accessed December 29, 2016).
- [34] A. Liberati, D.G. Altman, J. Tetzlaff, C. Mulrow, P.C. Gøtzsche, J.P.A. Ioannidis, M. Clarke, P.J. Devereaux, J. Kleijnen, D. Moher, The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Health Care Interventions: Explanation and Elaboration, *PLoS Med.* 6 (2009) e1000100. doi:10.1371/journal.pmed.1000100.
- [35] M.V. Albert, K. Kording, M. Herrmann, A. Jayaraman, Fall classification by machine learning using mobile phones, *PLoS ONE Electron. Resour.* 7 (2012) e36556. doi:10.1371/journal.pone.0036556.
- [36] A. Ariani, S.J. Redmond, D. Chang, N.H. Lovell, Simulated unobtrusive falls detection with multiple persons, *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 59 (2012) 3185–96. doi:10.1109/TBME.2012.2209645.

- [37] E. Auvinet, F. Multon, A. St-Arnaud, J. Rousseau, J. Meunier, Fall detection with multiple cameras: An occlusion-resistant method based on 3D silhouette vertical distribution., *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.* 15 (2011) 290–300. doi:10.1109/TITB.2010.2087385.
- [38] F. Bagala, C. Becker, A. Cappello, L. Chiari, K. Aminian, J.M. Hausdorff, W. Zijlstra, J. Klenk, Evaluation of accelerometer-based fall detection algorithms on real-world falls, *PLoS ONE Electron. Resour.* 7 (2012) e37062. doi:10.1371/journal.pone.0037062.
- [39] Z.P. Bian, J. Hou, L.P. Chau, N. Magnenat-Thalmann, Fall detection based on body part tracking using a depth camera, *IEEE J. Biomed. Health Inform.* 19 (2015) 430–9. doi:10.1109/JBHI.2014.2319372.
- [40] F. Bianchi, S.J. Redmond, M.R. Narayanan, S. Cerutti, N.H. Lovell, Barometric pressure and triaxial accelerometry-based falls event detection, *IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng.* 18 (2010) 619–27. doi:10.1109/TNSRE.2010.2070807.
- [41] F. Bloch, V. Gautier, N. Noury, J.E. Lundy, J. Poujaud, Y.E. Claessens, A.S. Rigaud, Evaluation under real-life conditions of a stand-alone fall detector for the elderly subjects, *Ann. Phys. Rehabil. Med.* 54 (2011) 391–8. doi:10.1016/j.rehab.2011.07.962.
- [42] P. Boissy, S. Choquette, M. Hamel, N. Noury, User-based motion sensing and fuzzy logic for automated fall detection in older adults, *Telemed. J. E Health.* 13 (2007) 683–93.
- [43] S. Bouakaz, M. Vacher, M.E. Bobillier Chaumon, F. Aman, S. Bekkadj, F. Portet, E. Guillou, S. Rossato, E. Desseree, P. Traineau, J.P. Vimont, T. Chevalier, CIRDO: Smart companion for helping elderly to live at home for longer, *Irbm.* 35 (2014) 100–108. doi:10.1016/j.irbm.2014.02.011.
- [44] W. Bourennane, Y. Charlon, F. Bettahar, E. Campo, D. Esteve, Homecare monitoring system: A technical proposal for the safety of the elderly experimented in an alzheimer’s care unit, *Irbm.* 34 (2013) 92–100. doi:10.1016/j.irbm.2013.02.002.
- [45] A.K. Bourke, G.M. Lyons, A threshold-based fall-detection algorithm using a bi-axial gyroscope sensor, *Med. Eng. Phys.* 30 (2008) 84–90.
- [46] A.K. Bourke, J.V. O’Brien, G.M. Lyons, Evaluation of a threshold-based tri-axial accelerometer fall detection algorithm, *Gait Posture.* 26 (2007) 194–9.

- [47] A.K. Bourke, K.J. O'Donovan, O.L. G, The identification of vertical velocity profiles using an inertial sensor to investigate pre-impact detection of falls, *Med. Eng. Phys.* 30 (2008) 937–946. doi:10.1016/j.medengphys.2007.12.003.
- [48] M.E. Bowen, J. Craighead, C.A. Wingrave, W.D. Kearns, Real-Time Locating Systems (RTLS) to improve fall detection, *Gerontechnology*. 9 (2010) 464–471. doi:10.4017/gt.2010.09.04.005.00.
- [49] E. Broadbent, R. Tamagawa, A. Patience, B. Knock, N. Kerse, K. Day, B. MacDonald A., Attitudes towards health-care robots in a retirement village, *Australas. J. Ageing*. 31 (2012) 115–120. doi:10.1111/j.1741-6612.2011.00551.x.
- [50] D. Brulin, Y. Benezeth, E. Courtial, Posture recognition based on fuzzy logic for home monitoring of the elderly, *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.* 16 (2012) 974–82.
- [51] Y. Charlon, W. Bourennane, F. Bettahar, E. Campo, Activity monitoring system for elderly in a context of smart home, *Irbm*. 34 (2013) 60–63. doi:10.1016/j.irbm.2012.12.014.
- [52] A. Dasios, D. Gavalas, G. Pantziou, C. Konstantopoulos, Hands-On Experiences in Deploying Cost-Effective Ambient-Assisted Living Systems, *Sensors*. 15 (2015) 14487–512. doi:10.3390/s150614487.
- [53] F. De Backere, F. Ongenae, F. Van den Abeele, J. Nelis, P. Bonte, E. Clement, M. Philpott, J. Hoebeke, S. Verstichel, A. Ackaert, F. De Turck, Towards a social and context-aware multi-sensor fall detection and risk assessment platform, *Comput. Biol. Med.* 64 (2015) 307–20. doi:10.1016/j.combiomed.2014.12.002.
- [54] C.N. Doukas, I. Maglogiannis, Emergency fall incidents detection in assisted living environments utilizing motion, sound, and visual perceptual components, *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.* 15 (2011) 277–89. doi:10.1109/TITB.2010.2091140.
- [55] E. Dovgan, M. Lustrek, B. Pogorelc, A. Gradisek, H. Burger, M. Gams, Intelligent elderly-care prototype for fall and disease detection, *Zdr. Vestn.* 80 (2011) 824–831.
- [56] M.A. Estudillo-Valderrama, L.M. Roa, J. Reina-Tosina, D. Naranjo-Hernandez, Design and implementation of a distributed fall detection system--personal server, *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.* 13 (2009) 874–81. doi:10.1109/TITB.2009.2031316.

- [57] F. Feldwieser, M. Gietzelt, M. Goevercin, M. Marschollek, M. Meis, S. Winkelbach, K.H. Wolf, J. Spehr, E. Steinhagen-Thiessen, Multimodal sensor-based fall detection within the domestic environment of elderly people, *Z. Gerontol. Geriatr.* 47 (2014) 661–5. doi:10.1007/s00391-014-0805-8.
- [58] F. Felisberto, F. Fdez-Riverola, A. Pereira, A ubiquitous and low-cost solution for movement monitoring and accident detection based on sensor fusion, *Sensors.* 14 (2014) 8961–83. doi:10.3390/s140508961.
- [59] C. Garripoli, M. Mercuri, P. Karsmakers, P. Jack Soh, G. Crupi, G.A. Vandenbosch, C. Pace, P. Leroux, D. Schreurs, Embedded DSP-based telehealth radar system for remote indoor fall detection, *IEEE J. Biomed. Health Inform.* 19 (2015) 92–101. doi:10.1109/JBHI.2014.2361252.
- [60] M. Gietzelt, J. Spehr, Y. Ehmen, S. Wegel, F. Feldwieser, M. Meis, M. Marschollek, K.H. Wolf, E. Steinhagen-Thiessen, M. Gövercin, GAL@Home: a feasibility study of sensor-based in-home fall detection, *Z. Für Gerontol. Geriatr.* 45 (2012) 716–721. doi:10.1007/s00391-012-0400-9.
- [61] K. Horton, Falls in older people: the place of telemonitoring in rehabilitation, *J. Rehabil. Res. Dev.* 45 (2008) 1183–94.
- [62] C.N. Huang, C.T. Chan, A ZigBee-based location-aware fall detection system for improving elderly telecare, *Int. J. Environ. Res. Public Health Electron. Resour.* 11 (2014) 4233–48. doi:10.3390/ijerph110404233.
- [63] C.N. Huang, C.Y. Chiang, G.C. Chen, S.J. Hsu, W.C. Chu, C.T. Chan, Fall detection system for healthcare quality improvement in residential care facilities, *J. Med. Biol. Eng.* 30 (2010) 247–252.
- [64] D. Istrate, M. Binet, S. Cheng, Real time sound analysis for medical remote monitoring, *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.* 2008 (2008) 4640–3. doi:10.1109/IEMBS.2008.4650247.
- [65] L.H. Juang, M.N. Wu, Fall Down Detection Under Smart Home System, *J. Med. Syst.* 39 (2015) 107. doi:10.1007/s10916-015-0286-3.

- [66] D.W. Kang, J.S. Choi, J.W. Lee, S.C. Chung, S.J. Park, G.R. Tack, Real-time elderly activity monitoring system based on a tri-axial accelerometer, *Disabil. Rehabil. Assist. Technol.* 5 (2010) 247–53. doi:10.3109/17483101003718112.
- [67] M. Kangas, A. Konttila, P. Lindgren, I. Winblad, T. Jamsa, Comparison of low-complexity fall detection algorithms for body attached accelerometers, *Gait Posture*. 28 (2008) 285–91. doi:10.1016/j.gaitpost.2008.01.003.
- [68] M. Kangas, R. Korpelainen, I. Vikman, L. Nyberg, T. Jämsä, Sensitivity and false alarm rate of a fall sensor in long-term fall detection in the elderly, *Gerontology*. 61 (2015) 61–68 8p. doi:10.1159/000362720.
- [69] M. Kangas, I. Vikman, J. Wiklander, P. Lindgren, L. Nyberg, T. Jämsä, Sensitivity and specificity of fall detection in people aged 40 years and over, *Gait Posture*. 29 (2009) 571–574 4p. doi:10.1016/j.gaitpost.2008.12.008.
- [70] L.J. Kau, C.S. Chen, A smart phone-based pocket fall accident detection, positioning, and rescue system, *IEEE J. Biomed. Health Inform.* 19 (2015) 44–56. doi:10.1109/JBHI.2014.2328593.
- [71] Z.A. Khan, W. Sohn, A model for abnormal activity recognition and alert generation system for elderly care by hidden conditional random fields using R-transform and generalized discriminant analysis features, *Telemed. J. E Health*. 18 (2012) 641–7. doi:10.1089/tmj.2011.0268.
- [72] K. Koloszar, Understanding expectations of different user groups of a sophisticated fall detection system, *Int. J. Occup. Saf. Ergon.* 20 (2014) 227–38.
- [73] B. Kwolek, M. Kepski, Human fall detection on embedded platform using depth maps and wireless accelerometer, *Comput. Methods Programs Biomed.* 117 (2014) 489–501. doi:10.1016/j.cmpb.2014.09.005.
- [74] B. Kwolek, M. Kepski, Improving fall detection by the use of depth sensor and accelerometer, *Neurocomputing*. 168 (2015) 637–645. doi:10.1016/j.neucom.2015.05.061.
- [75] N. Lapierre, I. Carpentier, A. St-Arnaud, F. Ducharme, J. Meunier, M. Jobidon, J. Rousseau, [Intelligent videosurveillance and falls detection: Perceptions of professionals and

managers], *Can. J. Occup. Ther. - Rev. Can. Ergother.* 83 (2016) 33–41. doi:10.1177/0008417415580431.

[76] J.K. Lee, S.N. Robinovitch, E.J. Park, Inertial sensing-based pre-impact detection of falls involving near-fall scenarios, *IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng.* 23 (2015) 258–66. doi:10.1109/TNSRE.2014.2357806.

[77] A. Leone, G. Diraco, P. Siciliano, Detecting falls with 3D range camera in ambient assisted living applications: A preliminary study, *Med. Eng. Phys.* 33 (2011) 770–781. doi:10.1016/j.medengphy.2011.02.001.

[78] Y. Li, K.C. Ho, M. Popescu, A microphone array system for automatic fall detection, *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 59 (2012) 1291–301. doi:10.1109/TBME.2012.2186449.

[79] Y. Li, K.C. Ho, M. Popescu, Efficient source separation algorithms for acoustic fall detection using a microsoft kinect, *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 61 (2014) 745–55. doi:10.1109/TBME.2013.2288783.

[80] L.A. Lipsitz, A.E. Tchalla, I. Iloputaife, M. Gagnon, K. Dole, Z.Z. Su, L. Klickstein, Evaluation of an Automated Falls Detection Device in Nursing Home Residents, *J. Am. Geriatr. Soc.* 64 (2016) 365–8. doi:10.1111/jgs.13708.

[81] J. Liu, T.E. Lockhart, Automatic individual calibration in fall detection - an integrative ambulatory measurement framework, *Comput. Methods Biomech. Biomed. Engin.* 16 (2013) 504–510. doi:10.1080/10255842.2011.627329.

[82] J. Liu, T.E. Lockhart, Trunk angular kinematics during slip-induced backward falls and activities of daily living, *J. Biomech. Eng.* 136 (2014) 101005. doi:10.1115/1.4028033.

[83] J. Liu, T.E. Lockhart, Development and evaluation of a prior-to-impact fall event detection algorithm, *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 61 (2014) 2135–40. doi:10.1109/TBME.2014.2315784.

[84] S.H. Liu, W.C. Cheng, Fall detection with the support vector machine during scripted and continuous unscripted activities, *Sensors*. 12 (2012) 12301–16. doi:10.3390/s120912301.

- [85] S.T. Londei, J. Rousseau, F. Ducharme, A. St-Arnaud, J. Meunier, J. Saint-Arnaud, F. Giroux, An intelligent videomonitoring system for fall detection at home: perceptions of elderly people, *J. Telemed. Telecare*. 15 (2009) 383–390. doi:10.1258/jtt.2009.090107.
- [86] R. Luque, E. Casilari, M.J. Moron, G. Redondo, Comparison and characterization of Android-based fall detection systems, *Sensors*. 14 (2014) 18543–74. doi:10.3390/s141018543.
- [87] X. Ma, H. Wang, B. Xue, M. Zhou, B. Ji, Y. Li, Depth-based human fall detection via shape features and improved extreme learning machine, *IEEE J. Biomed. Health Inform.* 18 (2014) 1915–22. doi:10.1109/JBHI.2014.2304357.
- [88] C. Medrano, R. Igual, I. Plaza, M. Castro, Detecting falls as novelties in acceleration patterns acquired with smartphones, *PLoS ONE Electron. Resour.* 9 (2014) e94811. doi:10.1371/journal.pone.0094811.
- [89] C. Medrano, I. Plaza, R. Igual, A. Sanchez, M. Castro, The Effect of Personalization on Smartphone-Based Fall Detectors, *Sensors*. 16 (2016). doi:10.3390/s16010117.
- [90] S. Mellone, C. Tacconi, L. Schwickert, J. Klenk, C. Becker, L. Chiari, Smartphone-based solutions for fall detection and prevention: the FARSEEING approach, *Z. Gerontol. Geriatr.* 45 (2012) 722–7. doi:10.1007/s00391-012-0404-5.
- [91] B. Mirmahboub, S. Samavi, N. Karimi, S. Shirani, Automatic monocular system for human fall detection based on variations in silhouette area, *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 60 (2013) 427–36. doi:10.1109/TBME.2012.2228262.
- [92] D. Naranjo-Hernandez, L.M. Roa, J. Reina-Tosina, M.A. Estudillo-Valderrama, Personalization and adaptation to the medium and context in a fall detection system, *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.* 16 (2012) 264–71. doi:10.1109/TITB.2012.2185851.
- [93] M.N. Nyan, F.E. Tay, M.Z. Mah, Application of motion analysis system in pre-impact fall detection, *J. Biomech.* 41 (2008) 2297–304. doi:10.1016/j.jbiomech.2008.03.042.
- [94] L. Palmerini, F. Bagala, A. Zanetti, J. Klenk, C. Becker, A. Cappello, A wavelet-based approach to fall detection, *Sensors*. 15 (2015) 11575–86. doi:10.3390/s150511575.

- [95] G.S. Parra-Dominguez, J. Snoek, B. Taati, A. Mihailidis, Lower body motion analysis to detect falls and near falls on stairs, *Biomed. Eng. Lett.* 5 (2015) 98–108. doi:10.1007/s13534-015-0179-x.
- [96] H. Pirnejad, G. Huq, J. Basilakis, A. Maeder, Monitoring falls in elderly people: Lessons from a community-based project, *Stud. Health Technol. Inform.* 206 (2014) 50–61 12p. doi:10.3233/978-1-61499-456-5-50.
- [97] M. Prado-Velasco, R.O. Marin, G. del Rio Cidoncha, Detection of human impacts by an adaptive energy-based anisotropic algorithm, *Int. J. Environ. Res. Public Health Electron. Resour.* 10 (2013) 4767–89. doi:10.3390/ijerph10104767.
- [98] L. Quagliarella, N. Sasanelli, G. Belgiovine, An interactive fall and loss of consciousness detector system, *Gait Posture.* 28 (2008) 699–702. doi:10.1016/j.gaitpost.2008.04.011.
- [99] M. Rantz, M. Skubic, C. Abbott, C. Galambos, M. Popescu, J. Keller, E. Stone, J. Back, S.J. Miller, G.F. Petroski, Automated In-Home Fall Risk Assessment and Detection Sensor System for Elders, *Gerontologist.* 55 (2015) S78–87 1p. doi:geront/gnv044.
- [100] M.J. Rantz, M. Skubic, C. Abbott, C. Galambos, Y. Pak, D.K. Ho, E.E. Stone, L. Rui, J. Back, S.J. Miller, In-home fall risk assessment and detection sensor system, *J. Gerontol. Nurs.* 39 (2013) 18–22. doi:10.3928/00989134-20130503-01.
- [101] H. Rimminen, J. Lindstrom, M. Linnavuo, R. Sepponen, Detection of falls among the elderly by a floor sensor using the electric near field, *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.* 14 (2010) 1475–6. doi:10.1109/TITB.2010.2051956.
- [102] W.Y. Shieh, J.C. Huang, Falling-incident detection and throughput enhancement in a multi-camera video-surveillance system, *Med. Eng. Phys.* 34 (2012) 954–63. doi:10.1016/j.medengphy.2011.10.016.
- [103] E.E. Stone, M. Skubic, Fall Detection in Homes of Older Adults Using the Microsoft Kinect, *IEEE J. Biomed. Health Inform.* 19 (2015) 290–301. doi:10.1109/JBHI.2014.2312180.

- [104] B.Y. Su, K.C. Ho, M.J. Rantz, M. Skubic, Doppler radar fall activity detection using the wavelet transform, *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 62 (2015) 865–75. doi:10.1109/TBME.2014.2367038.
- [105] S. Tao, M. Kudo, H. Nonaka, Privacy-preserved behavior analysis and fall detection by an infrared ceiling sensor network, *Sensors*. 12 (2012) 16920–36. doi:10.3390/s121216920.
- [106] V. Williams, C.R. Victor, R. McCrindle, It is always on your mind: experiences and perceptions of falling of older people and their carers and the potential of a mobile falls detection device, *Curr. Gerontol. Geriatr. Res.* 2013 (2013) 295073. doi:10.1155/2013/295073.
- [107] F. Wu, H. Zhao, Y. Zhao, H. Zhong, Development of a wearable-sensor-based fall detection system, *Int. J. Telemed. Appl.* 2015 (2015) 576364. doi:10.1155/2015/576364.
- [108] G. Wu, S. Xue, Portable preimpact fall detector with inertial sensors, *IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng.* 16 (2008) 178–83. doi:10.1109/TNSRE.2007.916282.
- [109] Y. Xia, Y. Wu, B. Zhang, Z. Li, N. He, S. Li, Wireless Falling Detection System Based on Community, *J. Nanosci. Nanotechnol.* 15 (2015) 4367–72.
- [110] M. Yu, Y. Yu, A. Rhuma, S.M. Naqvi, L. Wang, J.A. Chambers, An online one class support vector machine-based person-specific fall detection system for monitoring an elderly individual in a room environment, *IEEE J. Biomed. Health Inform.* 17 (2013) 1002–14. doi:10.1109/JBHI.2013.2274479.
- [111] L. Zheng, L. Wang, D. He, N. Geng, P. Geng, D. Guan, L. Xu, Voltage compensation based calibration measurement of 3D-acceleration transducer in fall detection system for the elderly, *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.* 2014 (2014) 2773–6. doi:10.1109/EMBC.2014.6944198.
- [112] M. Yu, A. Rhuma, S.M. Naqvi, L. Wang, J. Chambers, A posture recognition based fall detection system for monitoring an elderly person in a smart home environment, *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.* 16 (2012) 1274–86. doi:10.1109/TITB.2012.2214786.

- [113] F. Zhengming, T. Delbruck, P. Lichtsteiner, E. Culurciello, An address-event fall detector for assisted living applications, *IEEE Trans. Biomed. Circuits Syst.* 2 (2008) 88–96. doi:10.1109/TBCAS.2008.924448.
- [114] Y. Zigel, D. Litvak, I. Gannot, A method for automatic fall detection of elderly people using floor vibrations and sound--proof of concept on human mimicking doll falls, *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 56 (2009) 2858–67. doi:10.1109/TBME.2009.2030171.
- [115] R. Alazrai, A. Zmily, Y. Mowafi, Fall detection for elderly using anatomical-plane-based representation, *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.* 2014 (2014) 5916–9. doi:10.1109/EMBC.2014.6944975.
- [116] D. Anderson, J.M. Keller, M. Skubic, X. Chen, Z. He, Recognizing falls from silhouettes, *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.* 1 (2006) 6388–91.
- [117] A. Ariani, S.J. Redmond, D. Chang, N.H. Lovell, Software simulation of unobtrusive falls detection at night-time using passive infrared and pressure mat sensors, in: *Eng. Med. Biol. Soc. EMBC 2010 Annu. Int. Conf. IEEE, IEEE*, 2010: pp. 2115–2118. http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5627202 (accessed February 25, 2016).
- [118] E. Auvinet, L. Reveret, A. St-Arnaud, J. Rousseau, J. Meunier, Fall detection using multiple cameras, *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.* 2008 (2008) 2554–7. doi:10.1109/IEMBS.2008.4649721.
- [119] O. Aziz, E.J. Park, G. Mori, S.N. Robinovitch, Distinguishing the causes of falls in humans using an array of wearable tri-axial accelerometers, *Gait Posture*. 39 (2014) 506–12. doi:10.1016/j.gaitpost.2013.08.034.
- [120] M. Belshaw, B. Taati, J. Snoek, A. Mihailidis, Towards a single sensor passive solution for automated fall detection, *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.* 2011 (2011) 1773–6. doi:10.1109/IEMBS.2011.6090506.
- [121] A.K. Bourke, J. Klenk, L. Schwickert, K. Aminian, E.A. Ihlen, J.L. Helbostad, L. Chiari, C. Becker, Temporal and kinematic variables for real-world falls harvested from lumbar sensors in the elderly population, *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.* 2015 (2015) 5183–6. doi:10.1109/EMBC.2015.7319559.

- [122] A.K. Bourke, S. Prescher, F. Koehler, V. Cionca, C. Tavares, S. Gomis, V. Garcia, J. Nelson, Embedded fall and activity monitoring for a wearable ambient assisted living solution for older adults, *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.* 2012 (2012) 248–51. doi:10.1109/EMBC.2012.6345916.
- [123] J. Boyle, M. Karunanithi, Simulated fall detection via accelerometers, *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.* 2008 (2008) 1274–7. doi:10.1109/IEMBS.2008.4649396.
- [124] E. Campo, E. Grangereau, Wireless fall sensor with GPS location for monitoring the elderly, *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.* 2008 (2008) 498–501. doi:10.1109/IEMBS.2008.4649199.
- [125] O.T. Chen, C.J. Kuo, Self-adaptive fall-detection apparatus embedded in glasses, *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.* 2014 (2014) 4623–6. doi:10.1109/EMBC.2014.6944654.
- [126] F. De Cillis, F. De Simioy, F. Guidoy, R.A. Incalzi, R. Setolay, Fall-detection solution for mobile platforms using accelerometer and gyroscope data, *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.* 2015 (2015) 3727–30. doi:10.1109/EMBC.2015.7319203.
- [127] M. de la Guia Solaz, A. Bourke, R. Conway, J. Nelson, G. O'laighin, Real-time low-energy fall detection algorithm with a programmable truncated MAC, *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.* 2010 (2010) 2423–6. doi:10.1109/IEMBS.2010.5626244.
- [128] A. Dubois, F. Charpillet, Human activities recognition with RGB-Depth camera using HMM, *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.* 2013 (2013) 4666–9. doi:10.1109/EMBC.2013.6610588.
- [129] A. Edgcomb, F. Vahid, Automated fall detection on privacy-enhanced video, *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.* 2012 (2012) 252–5. doi:10.1109/EMBC.2012.6345917.
- [130] F.J. Fernandez-Luque, J. Zapata, R. Ruiz, A system for ubiquitous fall monitoring at home via a wireless sensor network, *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.* 2010 (2010) 2246–9. doi:10.1109/IEMBS.2010.5627338.
- [131] G. Korats, J. Hofmanis, A. Skorodumovs, E. Avots, Fall detection algorithm in energy efficient multistate sensor system, *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.* 2015 (2015) 4974–7. doi:10.1109/EMBC.2015.7319508.

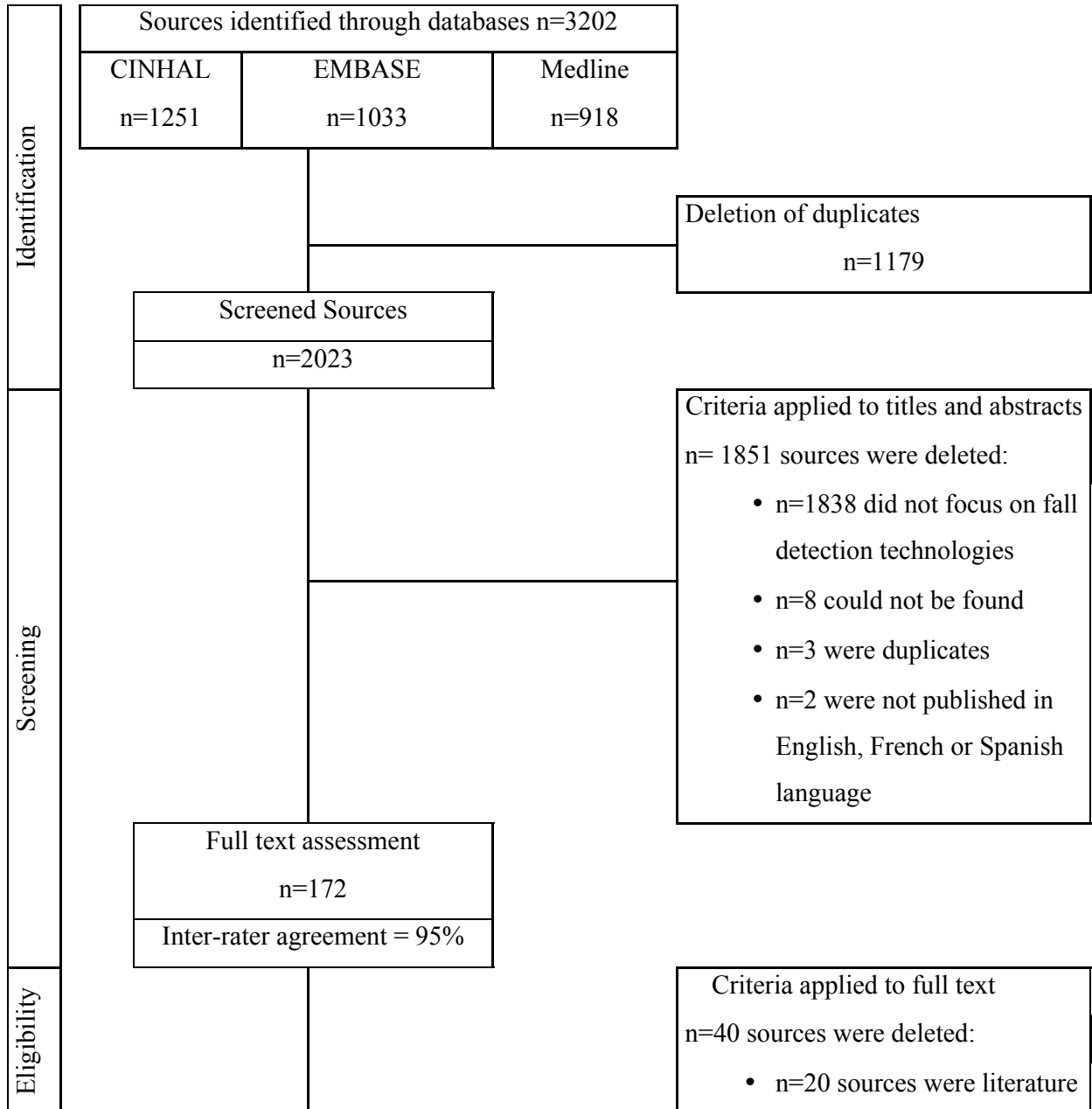
- [132] Y. Li, K.C. Ho, M. Popescu, M. Skubic, A theoretical study on the placement of microphone arrays for improving the localization accuracy of a fall, Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. 2014 (2014) 4523–6. doi:10.1109/EMBC.2014.6944629.
- [133] Y. Li, M. Popescu, K.C. Ho, Improving automatic sound-based fall detection using iVAT clustering and GA-based feature selection, Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. 2012 (2012) 5867–70. doi:10.1109/EMBC.2012.6347328.
- [134] Y. Li, M. Popescu, K.C. Ho, D.P. Nabelek, Improving acoustic fall recognition by adaptive signal windowing, Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. 2011 (2011) 7589–92. doi:10.1109/IEMBS.2011.6091871.
- [135] Y. Li, Z. Zeng, M. Popescu, K.C. Ho, Acoustic fall detection using a circular microphone array, Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. 2010 (2010) 2242–5. doi:10.1109/IEMBS.2010.5627368.
- [136] D. Litvak, Y. Zigel, I. Gannot, Fall detection of elderly through floor vibrations and sound, Conf. Proc. Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. Conf. 2008 (2008) 4632–4635. doi:10.1109/IEMBS.2008.4650245.
- [137] L. Liu, M. Popescu, K.C. Ho, M. Skubic, M. Rantz, Doppler radar sensor positioning in a fall detection system, Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. 2012 (2012) 256–9. doi:10.1109/EMBC.2012.6345918.
- [138] L. Liu, M. Popescu, M. Skubic, M. Rantz, An automatic fall detection framework using data fusion of Doppler radar and motion sensor network, Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. 2014 (2014) 5940–3. doi:10.1109/EMBC.2014.6944981.
- [139] R. Narasimhan, Skin-contact sensor for automatic fall detection, Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. 2012 (2012) 4038–41. doi:10.1109/EMBC.2012.6346853.
- [140] T.T. Nguyen, M.C. Cho, T.S. Lee, Automatic fall detection using wearable biomedical signal measurement terminal, Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. 2009 (2009) 5203–6. doi:10.1109/IEMBS.2009.5334079.

- [141] M. Popescu, Y. Li, M. Skubic, M. Rantz, An acoustic fall detector system that uses sound height information to reduce the false alarm rate, Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. 2008 (2008) 4628–31. doi:10.1109/IEMBS.2008.4650244.
- [142] M. Popescu, A. Mahnot, Acoustic fall detection using one-class classifiers, Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. 2009 (2009) 3505–8. doi:10.1109/IEMBS.2009.5334521.
- [143] S.J. Redmond, Z. Zhaonan, M.R. Narayanan, N.H. Lovell, Pilot evaluation of an unobtrusive system to detect falls at nighttime, Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. 2014 (2014) 1756–9. doi:10.1109/EMBC.2014.6943948.
- [144] C. Rougier, J. Meunier, A. St-Arnaud, J. Rousseau, Monocular 3D Head Tracking to Detect Falls of Elderly People, in: 28th Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. 2006 EMBS 06, 2006: pp. 6384–6387. doi:10.1109/IEMBS.2006.260829.
- [145] F. Sposaro, G. Tyson, iFall: an Android application for fall monitoring and response, Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. 2009 (2009) 6119–22. doi:10.1109/IEMBS.2009.5334912.
- [146] Y. Sui, C. Ahn, C.H. Ahn, A new smart fall-down detector for senior healthcare system using inertial microsensors, Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. 2014 (2014) 590–3. doi:10.1109/EMBC.2014.6943660.
- [147] M. Tolkiehn, L. Atallah, B. Lo, G.Z. Yang, Direction sensitive fall detection using a triaxial accelerometer and a barometric pressure sensor, Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. 2011 (2011) 369–72. doi:10.1109/IEMBS.2011.6090120.
- [148] M. Vallejo, C.V. Isaza, J.D. Lopez, Artificial Neural Networks as an alternative to traditional fall detection methods, Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. 2013 (2013) 1648–51. doi:10.1109/EMBC.2013.6609833.
- [149] M. Van Wieringen, J. Eklund, Real-time signal processing of accelerometer data for wearable medical patient monitoring devices, Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. 2008 (2008) 2397–400. doi:10.1109/IEMBS.2008.4649682.

- [150] S.Y. Sim, H.S. Jeon, G.S. Chung, S.K. Kim, S.J. Kwon, W.K. Lee, K.S. Park, Fall detection algorithm for the elderly using acceleration sensors on the shoes, *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.* 2011 (2011) 4935–8. doi:10.1109/IEMBS.2011.6091223.
- [151] Q. Zhang, L. Ren, W. Shi, HONEY: a multimodality fall detection and telecare system, *Telemed. J. E Health.* 19 (2013) 415–29. doi:10.1089/tmj.2012.0109.
- [152] Z. Zhang, U. Kapoor, M. Narayanan, N.H. Lovell, S.J. Redmond, Design of an unobtrusive wireless sensor network for nighttime falls detection, *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.* 2011 (2011) 5275–8. doi:10.1109/IEMBS.2011.6091305.
- [153] K.-Y. Chen, M. Harniss, S. Patel, K. Johnson, Implementing technology-based embedded assessment in the home and community life of individuals aging with disabilities: a participatory research and development study, *Disabil. Rehabil. Assist. Technol.* 9 (2014) 112–120. doi:10.3109/17483107.2013.805824.
- [154] L. Quagliarella, N. Sasanelli, G. Belgiovine, Performances of an accelerometric device for detecting fall and loss of consciousness, *J. Appl. Biomater. Biomech.* 6 (2008) 119–26.
- [155] H.C. Huang, Y.T. Huang, K.C. Lin, Y.F. Kuo, Risk factors associated with physical restraints in residential aged care facilities: a community-based epidemiological survey in Taiwan, *J. Adv. Nurs.* 70 (2014) 130–143 14p. doi:10.1111/jan.12176.
- [156] M.J. Rantz, M. Skubic, S.J. Miller, C. Galambos, G. Alexander, J. Keller, M. Popescu, Sensor Technology to Support Aging in Place, *J. Am. Med. Dir. Assoc.* 14 (2013) 386–391. doi:10.1016/j.jamda.2013.02.018.
- [157] L. Liu, E. Stroulia, I. Nikolaidis, A. Miguel-Cruz, A. Rios Rincon, Smart homes and home health monitoring technologies for older adults: A systematic review, *Int. J. Med. Inf.* 91 (2016) 44–59. doi:10.1016/j.ijmedinf.2016.04.007.
- [158] J.W. Jutai, M.J. Fuhrer, L. Demers, M.J. Scherer, F. DeRuyter, Toward a Taxonomy of Assistive Technology Device Outcomes:, *Am. J. Phys. Med. Rehabil.* 84 (2005) 294–302. doi:10.1097/01.PHM.0000157313.88732.DC.

- [159] A. Mahmood, T. Yamamoto, M. Lee, C. Steggell, Perceptions and Use of Gerotechnology: Implications for Aging in Place, *J. Hous. Elder.* 22 (2008) 104–126. doi:10.1080/02763890802097144.
- [160] R.J. Holden, B.-T. Karsh, The Technology Acceptance Model: Its past and its future in health care, *J. Biomed. Inform.* 43 (2010) 159–172. doi:10.1016/j.jbi.2009.07.002.
- [161] K. Chen, A.H.S. Chan, A review of technology acceptance by older adults, *Gerontechnology*. 10 (2011). doi:10.4017/gt.2011.10.01.006.00.
- [162] F.D. Davis, A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems□: theory and results, Thesis, Massachusetts Institute of Technology, 1985. <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/15192> (accessed October 21, 2014).
- [163] B. Reeder, E. Meyer, A. Lazar, S. Chaudhuri, H.J. Thompson, G. Demiris, Framing the evidence for health smart homes and home-based consumer health technologies as a public health intervention for independent aging: A systematic review, *Int. J. Med. Inf.* (2013). doi:10.1016/j.ijmedinf.2013.03.007.
- [164] V. Faucounau, Y. Wu, M. Boulay, M. Maestrutti, A. Rigaud, Caregivers' requirements for in-home robotic agent for supporting community-living elderly subjects with cognitive impairment., *Technol. Health Care*. 17 (2009) 33–40. doi:<http://dx.doi.org/10.3233/THC-2009-0537>.
- [165] K. Chen, A.H. Chan, Use or Non-Use of Gerontechnology—A Qualitative Study, *Int. J. Environ. Res. Public. Health*. 10 (2013) 4645–4666. doi:10.3390/ijerph10104645.
- [166] P. Yu, D. Hailey, V. Traynor, R. Fleming, Z. Zhang, Evaluating the impact of implementing of a new wireless telemonitoring system for urinary continence management for older people living in nursing homes, *Neurourol. Urodyn.* 31 (6) (2012) 974–975. doi:10.1002/nau.22287.

Figures



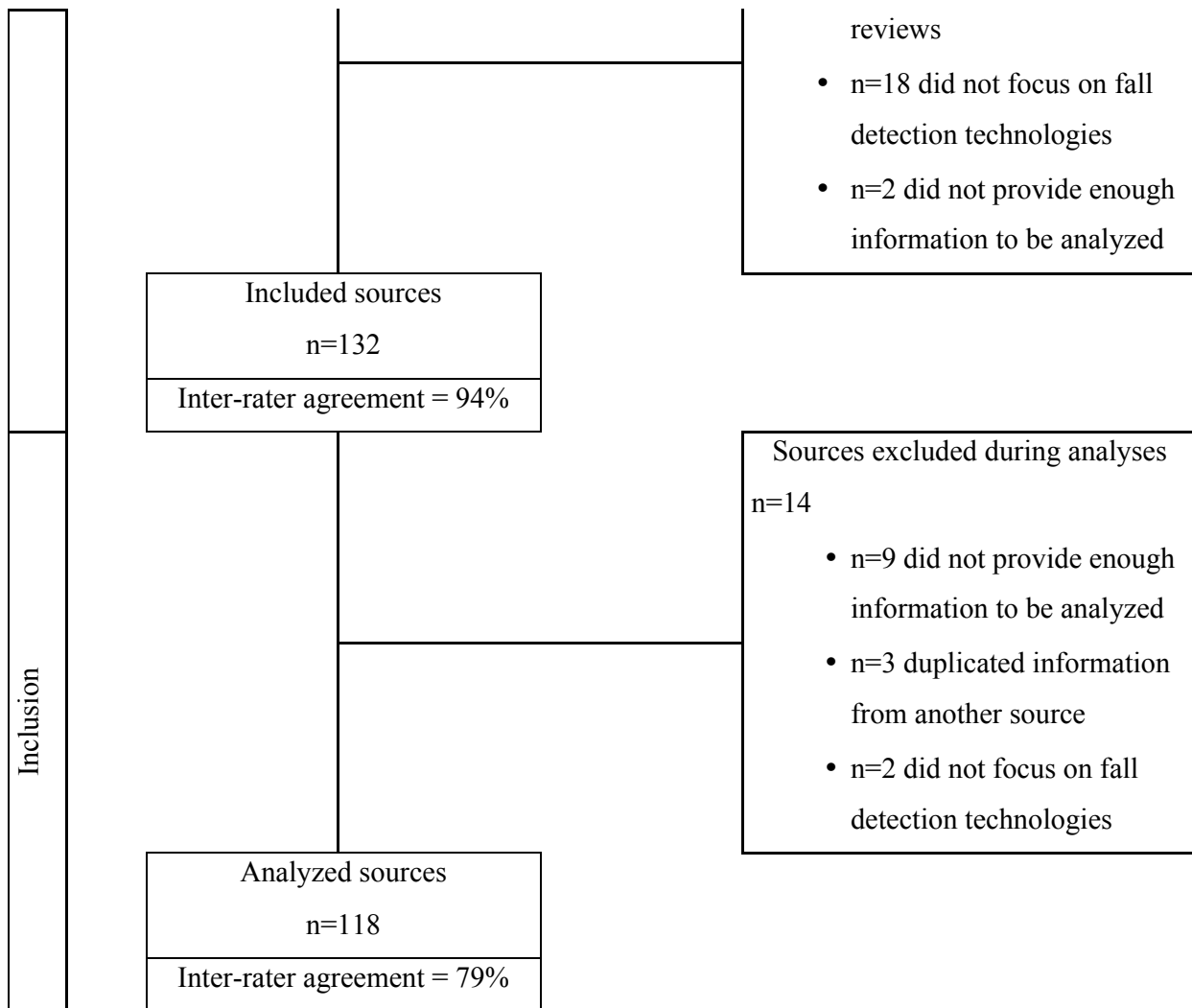


Figure 1. Study selection process based on Daudt et al. (2015).

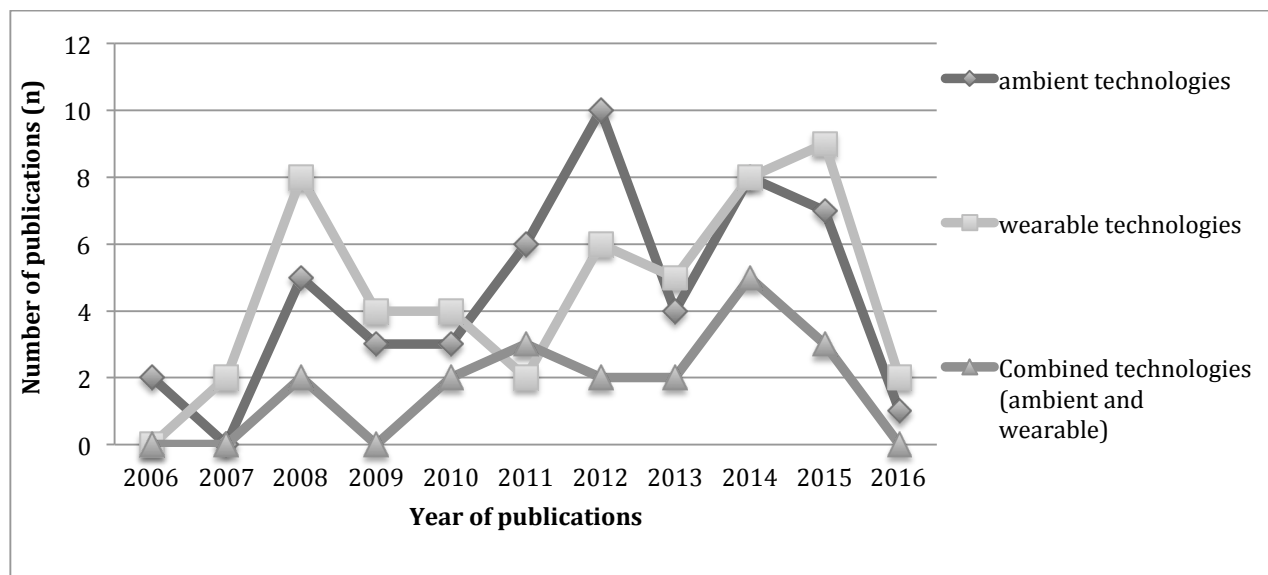


Figure 2. Number of publications each year per type of technology.

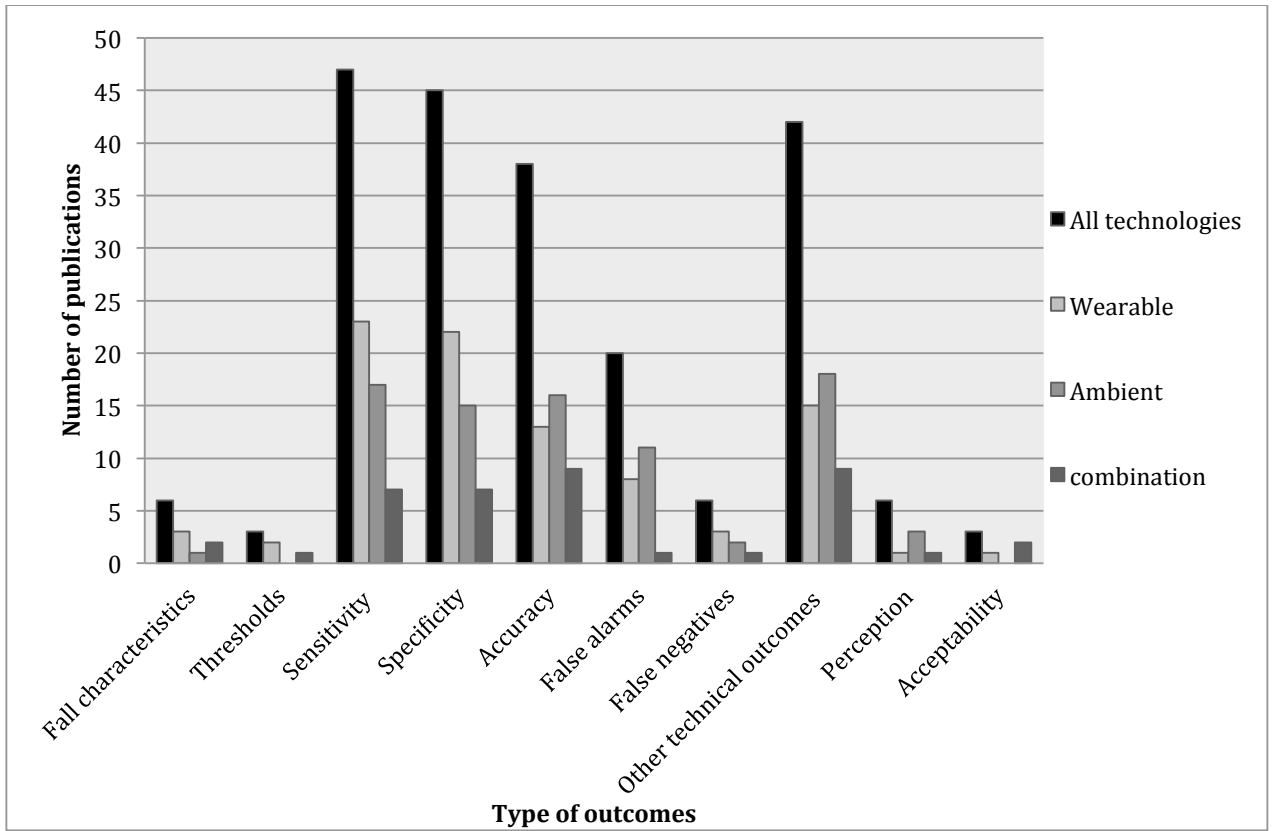


Figure 3. Number of publications per type of outcome for each category of technology.

Tables

Table 1.

Fall detection technologies: identification and sources

Type of technology	n(%)	Sources: authors and date	
Wearable	50(42.37%)		
Inertial sensors	47(39.83%)	Albert et al. (2012)[35]	Liu et al. (2012b) [84]
		Aziz et al. (2014) [119]	Luque et al. (2014) [86]
		Bagala et al. (2012) [38]	Medrano et al. (2014) [88]
		Boissy et al. (2007) [42]	Medrano et al. (2016) [89]
		Bourke et al. (2015) [121]	Mellone et al. (2012) [90]
		Bourke et al. (2008a) [45]	Naranjo-Hernandez et al. (2012) [92]
		Bourke et al. (2007) [46]	Narasimhan et al. (2012) [139]
		Bourke et al. (2008b) [47]	Nguyen et al. (2009) [140]
		Boyle et al. (2008) [123]	Palmerini et al.(2015) [94]
		Charlon et al. (2013) [51]	Pirnejad et al. (2014) [96]
		Chen et al. (2014) [125]	Prado-Velasco et al., (2013) [97] Quagliarella et al. (2008) [154]
		De Cillis (2015) [126]	Sim et al. (2011) [150]
		de la Guia Solaz (2010) [127]	Sposaro et al. (2009)[145]
		Estudillo-Valderrama et al. (2009) [56]	Sui et al. (2014) [146]
		Felisberto et al. (2014) [58]	Tolkiehn et al. 2011) [147]
		Huang et al. (2010) [63]	Vallejo et al. (2013) [148]
		Kang et al. (2010) [66]	Van Wieringen et al. (2008) [149]
		Kangas et al. (2008) [67]	Williams et al. (2013) [106]
		Kangas et al. (2015) [68]	Wu et al. (2008) [108]
		Kangas et al. (2009) [69]	Xia et al. (2015) [109]
		Kau et al. (2015) [70]	Zheng et al. (2014) [111]

		Korats et al. (2015) [131]	
		Lee et al. (2015) [76]	
		Lipsitz et al. (2016) [80]	
		Liu et al. (2013) [81]	
Locating system	1(0.85%)	Bowen et al. (2010)[48]	
Combined (inertial sensors + locating system)	2(1.70%)	Campo et al. (2008)[124]	Wu et al. (2015)[107]
Ambient	49(41.52%)		
Vision sensors	26(22.03%)	Alazrai et al. (2014) [115]	Leone et al. (2011) [77]
		Anderson et al. (2006) [116]	Li et al. (2014) [79]
		Auvinet et al. (2011) [37]	Londei et al. (2009) [85]
		Auvinet et al. (2008) [118]	Ma et al. (2014) [116]
		Belshaw et al. (2011) [120]	Mirmahboub et al. (2013) [91]
		Bian et al. (2015) [39]	Parra-Dominguez et al.2015) [95]
		Brulin et al. (2012) [50]	Rantz et al. (2013) [156]
		Dubois et al. (2013) [128]	Rougier et al. (2006) [144]
		Edgcomb et al. (2012) [129]	Shieh et al. (2012) [102]
		Juang et al. (2015) [65]	Stone et al. (2015) [103]
		Khan et al. (2012) [71]	Yu et al. (2012) [166]
		Koloszar et al. (2014) [72]	Yu et al. (2013) [110]
		Lapierre et al. (2016) [75]	Zhengming et al. (2008) [113]
Infrared sensors	2(1.70%)	Redmond et al. (2014)[143]	Tao et al. (2012)[105]
Pressure sensors	1(0.85%)	Rimminen et al. (2010)[101]	
Sound sensors	8(6.78%)	Istrate et al. (2008) [64]	Li et al. (2011) [134]
		Li et al. (2012a) [78]	Li et al. (2010) [135]
		Li et al. (2014) [79]	Popescu et al. (2008) [141]
		Li et al. (2012b) [133]	Popescu et al. (2009) [142]

Radar sensors	4(3.39%)	Garripoli et al. (2015) [59]	Liu et al. (2014c) [138]
Mix of ambient sensors	7(5.93%)	Liu et al. (2012a) [137] Ariani et al. (2010) [117] Ariani et al. (2012) [36] Bouakaz et al., (2014) [43] Litvak et al. (2008) [136]	Su et al. (2015) [104] Rantz et al. (2015) [99] Zhang et al. (2011)[152] Zigel et al., (2009) [114]
Not applicable	1(0.85%)	Broadbent et al. (2012)[49]	
Combined technologies (ambient and wearable)	19(16.10%)	Bianchi et al. (2010) [40] Bloch et al. (2011) [41] Bourennane et al. (2013)[44] Bourke et al. (2012) [122] Dasios et al. (2015) [52] De Backere et al. (2015)[53] Doukas et al. (2011) [54] Dovgan et al. (2011) [55] Feldwieser et al. (2014)[57] Fernandez-Luque et al. (2010) [130]	Gietzelt et al. (2012) [60] Horton et al. (2008) [61] Huang et al. (2014) [62] Kwolek et al. (2014) [73] Kwolek et al. (2015) [74] Liu et al. (2014a)[82] Liu et al. (2014b) [83] Nyan et al. (2008) [93] Zhang et al. (2013) [151]

Table 2.

Settings and participants of the studies												
Settings ^a								Participants ^b				
	Outside	Inside	Care	Apartment	Not			Older				
Laboratory	home	home	unit	(lab)	specified n	N/A	None	Older adults	adults	falling	with others	
n(%)	n(%)	n(%)	n(%)	n(%)	(%)	n(%)	n(%)	(≥65)	n(%)	n(%)	n(%)	
All												
technologies	44(36.1)	2(1.60)	26(23.3)	7(5.70)	11(9.0)	32(26.22)	4(3.28)	17(13.82)	14(11.38)	21(17.07)	71(57.72)	
Wearable												
technologies	22(18.03)	1(0.82)	6(4.92)	4(3.28)	-	22(18.03)	1(0.82)	7(5.70)	6(4.88)	10(8.13)	32(26.01)	
Inertial												
sensors	20(16.39)	1(0.82)	6(4.92)	43.28)	-	21(17.21)	1(0.82)	5(4.07)	6(4.88)	10(8.13)	30(24.39)	
Locating												
system	1(0.82)	-	-	-	-	-	-	1(0.81)	-	-	1(0.81)	
Combined												
(Inertial												
and												
locating												
	100.00%					100.00%		100.00%			100.00%	

Ambient technologies											
(sensors)	16(13.11)	-	15(12.30)	1(0.82)	10(8.20)	6(4.92)	2(1.64)	9(7.32)	6(4.88)	3(2.44)	31(25.20)
Vision	6(4.92)	-	9(7.38)	-	4(3.28)	5(4.10)	2(1.64)	5(4.07)	2(1.62)	1(0.81)	19(15.45)
Infrared	-	-	-	1(0.82)	1(0.82)	-	-	-	1(0.81)	-	1(0.81)
Pressure	-	-	-	-	-	-	-	1(0.81)	-	-	0
Sound	5(4.10)	-	2(1.64)	-	1(0.82)	1(0.82)	-	3(2.44)	-	-	5(4.07)
Radar	3(2.46)	-	2(1.64)	-	1(0.82)	-	-	-	-	1(0.81)	4(3.25)
Mix of											
ambient	2(1.64)	-	2(1.64)	-	3(2.46)	-	-	2(1.62)	3(2.44)	1(0.81)	2(1.62)
Combined technologies (ambient and wearable)	6(4.92)	1(0.82)	5(4.10)	2(1.64)	1(0.82)	4(3.28)	1(0.82)	2(1.62)	1(0.81)	8(6.50)	8(6.50)

^a Total of settings: n= 122

^b Total of participants samples: n=123

Table 3.

<i>Technology Readiness Level (TRL)^a</i>		
	TRL mean	Standard deviation
All technologies	4.54	1.25
Wearable technologies	4.57	1.25
Inertial sensors	4.57	1.25
Locating system	8.00	N/A
Combined (inertial sensors + locating system)	4.00	0.00
Ambient technologies	4.52	1.25
Vision sensors	4.55	1.25
Infrared sensors	4.50	0.82
Pressure sensors	4.00	N/A
Sound sensors	4.36	0.92
Radar sensors	4.75	0.96
Mix of ambient sensors	4.00	1.15
Combined technologies (ambient and wearable)	4.82	1.27

^a Technology Readiness Level according to the United State Department of Energy [28]

Table 4

<i>Implementation barriers</i>					
Publications mentioning implementation barriers			Publications explaining how implementation barriers could be addressed		
	n(%)	First author and date	Examples of barriers mentioned	n(%)	First author and date
All technologies ^a	50(42.38)			34(28.81) ^b	
Wearable	17(14.41)	Albert et al. (2012)	"As normal activity of resting also has similar rotation as falling, it may trigger fall alarm when the body hits ground heavily." [107]	13(11.02)	Albert et al. (2012)
		Aziz et al. (2014)	Medrano et al. (2016)		Pirnejad et al. (2014)
					Sim et al. (2011)
					"The choice of a threshold is quite important to distinguish falling from heavily lying activity. Sufficient sample number collected from subjects with different age and gender will improve the reliability and robustness of the threshold." [107]
		Bagala et al. (2012)	Naranjo-Hernandez et al. (2012)	Boissy et al. (2007)	Sposaro et al. (2009)

		Felisberto et al. (2014) Kang et al. (2010) Kangas et al. (2008) Kangas et al. (2015) Kangas et al. (2009)	Sim et al. (2011) Sposaro et al. (2009) Williams et al. (2013) Wu et al. (2015)					
		Kangas et al. (2009)			Kang et al. (2010) Kangas et al. (2008) Kangas et al. (2009) Lee et al. (2015) Naranjo-Hernandez et al. (2012)			
Ambient	22(18.64)	Anderson et al. (2006) Ariani et al. (2010) Ariani et al. (2012) Auvinet et al. (2011) Bian et al. (2015) Brulin et al. (2012) Dubois et al. (2013) Garripoli et al. (2015) Lapierre et al. (2015) Leone	Londei et al. (2009) Parra-Dominguez et al. (2015) Popescu et al. (2008) Rantz et al. (2015) Shieh et al. (2011) Stone et al. (2015) Tao et al. (2012) Yu et al. (2012) Yu et al. (2013) Zhang et al.	"The major limitation of the described method is the need for the fall to be in view of the sensor." [103]	15(12.71)	Anderson et al. (2006) Ariani et al. (2010) Ariani et al. (2012) Auvinet et al. (2011) Brulin et al. (2012) Garripoli et al. (2015) Leone (2011) Londei et al. (2009) Rantz et al. (2015) Shieh et al.	Tao et al. (2012) Yu et al. (2012) Yu et al. (2013) Zigel et al. (2009)	"Multiple sensors per room may be required to cover all areas." [103]

		(2011)	(2011)		(2011)		
		Litvak (2008)	Zigel et al. (2009)		Stone et al. (2015)		
Combined technologies (ambient and wearable)	10(8.48)	Bloch et al. (2011)	Feldwieser et al. (2014)	"Another limitation of our device is the battery lifespan. At present, our prototype device only works continuously for 4 h. This also makes it impossible to achieve 24/7 monitoring." [151]	5(4.24)	Bourenmane et al. (2013)	"We have already started to create a miniaturized device, which consumes much less energy and has a smaller volume." [151]
		Bourenmane et al. (2013)	Gietzelt et al. (2012)		Dasios et al. (2015)		
		Dasios et al. (2015)	Horton et al. (2008)		Doukas et al. (2011)		
		Doukas et al. (2011)	Kwolek et al. (2014)		Dovgan et al. (2011)		
		Dovgan et al. (2011)	Zhang et al. (2013)		Zhang et al. (2013)		

^an=68(57.63%) did not mention implementation barriers

^bn=16(13.56%) mentioned implementation barriers but did not specify how to address these barriers

3.2. What do we know about technologies for dementia-related wandering? A scoping review (article 2).

L'article correspond à l'étape 1 de la thèse et est publié dans la Revue Canadienne d'Ergothérapie sous la référence suivante :

Neubauer, N. A., Lapierre, N., Ríos-Rincón, A., Miguel-Cruz, A., Rousseau, J., & L. (2018). What do we know about technologies for dementia-related wandering? A scoping review: Examen de la portée : Que savons-nous à propos des technologies de gestion de l'errance liée à la démence? *Canadian Journal of Occupational Therapy*, 85(3), 196-210. doi:[10.1177/0008417418777530](https://doi.org/10.1177/0008417418777530)

Le format de l'article est conforme aux normes de la revue; ses références, figures et tableaux sont présentées en fin de l'article. Pour cet article, ma contribution à titre de deuxième auteure, sous la supervision des professeures Jacqueline Rousseau et Lili Lavoie, incluait la conception de la méthodologie, la sélection des études, l'extraction des données, leur interprétation et la révision du manuscrit.

Abstract

Background. Occupational therapists use technologies to manage wandering-related risks to promote safety and independence among individuals with dementia living in the community. **Purpose.** The purpose of this review was to examine types of technologies used to manage wandering behaviour. **Method.** Using a modification of Arksey and O'Malley's (2005) methodology, we systematically searched peer-reviewed and grey literature on technologies used in home or supportive care environments for persons with dementia at risk for wandering. Data from the studies were analyzed descriptively. **Findings.** The literature described 83 technologies. Nineteen devices were clinically tested. Interventions ranged from alarm products to mobile locator devices. Benefits included reductions in risk and caregiver burden. **Implications.** (1) Technologies can reduce risks of wandering, (2) ethical issues should be addressed, (3) technologies should be affordable, (4) research is needed to increase levels of evidence, and (5) occupational therapy strategies include technologies to enhance function in persons with dementia.

Introduction

Over 47 million people worldwide are affected by dementia, with nearly ten million new cases recorded each year (Alzheimer's Disease International, 2016). The number of caregivers is increasing with the prevalence of dementia. Most persons with dementia (PWD) receive care at home by unpaid, informal caregivers, including spouses, children, or other family members and friends (Brodaty & Donkin, 2009). Caregivers of PWD spend more time on care than other caregivers (average of 13.6 versus 9.6 hours/week), and are at higher risk than other types of caregivers to feel overwhelmed, and depressed (Eales, Kim, & Fast, 2015). The adverse personal outcomes associated with caregiving can compromise their ability to provide care (Black & Almeida, 2004).

Caregivers are often concerned about PWD becoming lost, or wandering, when walking alone in unfamiliar or familiar environments (Chang, Chu, Chen, & Wang, 2008). Wandering has been defined as “a syndrome of dementia-related locomotion behaviour having repetitive, frequent, temporally-disoriented nature that is manifested in lapping, random, and/or pacing patterns some of which are associated with eloping, eloping attempts, or getting lost unless accompanied” (Algase, Moore, Vandeverd, & Gavin-Dreschnack, 2007, p.696). It can include aimless and purposeful behavior (Algase et al., 2007) and generally occurs due to visual-perceptual deficits, spatial disorientation (Algase et al., 2004), rhythm disturbance (Satlin, Volicer, Stopa, & Harper, 1995), personality and behavior patterns (Song & Algase, 2008), and social (Choi, 1999) and physical environments (Algase, Beattie, Antanakos, Beel-Bates, & Yao, 2010).

More than 60% of people with Alzheimer's disease or related dementia will wander, and if a person is not found within 24 hours, up to half of these individuals will suffer serious injury or death (Alzheimer's Association, 2016). The risk of injury may lead caregivers to restrict the movements of a PWD, and place him or her in a care facility (Altus, Mathews, Xaverius, Engelman, & Nolan, 2000). Placement in care facilities, especially when against an individual's wishes, has been associated with elevated levels of social isolation, depression, and overall mortality risk (Aneshensel, Pearlin, Levy-Storrs, Schuler, 2000). In general, older adults prefer to stay at home in familiar environments (Wiles et al., 2012).

Early interventions to manage wandering include physical restraints and medications (Hermans, Htay, Cooley, 2009). Physical interventions have negative consequences such as reduced physical, psychological and social functioning (Hamers, Gulpers, Strik, 2004). Medications can have side effects, such as reduced alertness (Dewing, 2010). Wander-management technologies, such as wearable global positioning system (GPS)-enabled devices (Liu, Miguel Cruz, Ruptash, Barnard, & Juzwishin, 2017), offer options for mitigating risks while allow a person with dementia to be physically active. These technologies may be a preferred strategy over restraints and medications (Pot, Willemse, & Horjus, 2012). Wander-management technologies may extend the time a person with dementia can live in a community, and provide peace of mind to caregivers (Altus et al., 2000; Liu et al., 2017).

Occupational therapy interventions for individuals with dementia include assistive technologies, environmental adaptations (Jarvis, Clemson, & Mackenzie, 2016) and caregiver support in choice and use of these technologies (White, Montgomery, & McShane, 2010). However, 51% of occupational therapists in Australia who work with PWD report never having recommended any assistive technologies for wandering. A main reason is limited knowledge about available technologies (Jarvis, Clemson, & Mackenzie, 2016). To date, no review has been conducted to examine what technologies for wandering are used, and their level of maturity. The purpose of this review was to examine the range and extent of technologies used to manage dementia-related wandering behaviour, their level of technology readiness, and associated outcomes. This information is evidence for occupational therapists when supporting caregivers in selecting technologies to manage wandering behavior in PWD.

Method

Design

This is a scoping literature review. We used Daudt, van Mossel and Scott's (2013) modification of Arksey and O'Malley's (2005) methodology. Arksey and O'Malley's (2005) methodology for scoping literature review includes six steps: 1) identify the research question, 2) identify the relevant studies, 3) study selection, 4) chart data, 5) collate, summarize and reporte the results and, 6) consultation exercise (optional). Daudt, van Mossel and Scott's

(2013) modification of this methodology consists in adding a unique identifying code to the abstracts in step four, having an inter-professional team in step two and, taking a three-tiered approach to select and cross-check the papers in step three. However, we neglected to use Daudt, van Mossel and Scott's recommendation of reformulating the research question after reading abstracts to make the question fit what was retrieved by the databases. Instead, we formulated our research question based on PICOS guidelines since the beginning of our study (Portney & Watkins, 2009).

Data sources and search strategy

We examined peer-reviewed and grey literature published between January 2000 and March 2016. Peer-reviewed literature were searched in four databases: EMBASE, CINAHL, Ovid Medline, and PsychINFO. These databases were searched using MesH terms identified in the title, abstract, or key words: (technology* OR gerontechnology OR telemonitoring OR telesurveillance OR telehealth OR assistive technology OR GPS OR mobile device OR app* OR radio frequency telemetry OR radio frequency identification OR tracking OR surveillance OR alarms OR tagging OR electronic OR restraints) AND (wander* OR walk* OR sundowning OR escape OR restlessness OR pacing OR exit* or stay) AND (dementia OR Alzheimer's Disease OR cognitive disorders). Grey literature was searched in five databases: Google, Institute of Health Economics, CADTH grey matters, The University of Alberta Grey Literature Collection, and Health on NET Foundation were searched for technologies developed to address wandering in PWD. All databases were systematically searched using the following search terms: (dementia) AND (wander* OR elope OR sundowning) (technology OR tech* OR GPS OR RFID OR mobile applications OR iOS OR android OR wifi) (Appendix A).

Studies selection process

Articles were exported to a reference manager where duplicate articles were excluded. Two authors (NN, NL) first screened the titles and abstracts, reviewed the full text of all potential articles and extracted the data (Figure 1). Disagreements were resolved by consensus.

Where disagreements were unresolved, the third and fourth reviewers (AR, AM) provided input. To determine agreement between raters, 20% of the selected articles were extracted and compared. The level of agreement between the raters was high, i.e., average agreement for abstracts 91.8% (average kappa (κ) score of 0.87, $p < 0.000$), and 85.7% average agreement for full papers (overall kappa (κ) score of 0.795, $p < 0.000$). For included articles, reviewers first extracted: reviewer initials, citation, and whether the study was eligible for review. If a study was considered ineligible for data extraction, the reason for exclusion was reported (Figure 1).

inclusion criteria.

1. Studies that:
 - a. Addressed technology use in home or supportive care environments for PWD or cognitive decline regardless of whether it was embedded in an environment or was worn;
 - b. Addressed wandering in older adults.
 - c. Included technology (ies) that support independence and addressed adverse outcomes associated with wandering, regardless of level of development.
2. Clinically-oriented studies that included only PWD over age 50 years.
3. Studies published in English, Spanish or French and available in full text in peer-reviewed journals or conference proceedings from electronic abstract systems.
4. Studies that used any type of study design or methodology, with positive or negative results.
5. Studies that used lower complexity technologies for wander-management, such as door alarms.
6. Studies published in books or book chapters and conference proceedings.
7. For the grey literature, only commercial websites were included if related to technology and wandering in PWD.

exclusion criteria.

1. Abstracts or studies that were not available.
2. Publications that did not provide adequate information for categorizing the studies (e.g., participant characteristics).

Bias control

The procedure of Liu, Stroulia, Nikolaidis, Miguel-Cruz, Rios-Rincon, (2016) was followed to address bias. By including three languages, various databases and data types, we conducted a thorough search, to achieve a high level of sensitivity (Dickerson, Scherer, Lefebvre, 1994). Inclusion of studies with positive and negative results addressed publication bias (Scherer, Dickersin, Langenberg, 1994). Inclusion of studies registered in electronic abstract systems served as the first ‘quality filter’, and ensured a degree of scientific level of conceptual methodological rigor (Light & Pillemer, 1984). Studies published before 2000 were not included because most development of wander-management technologies occurred later (Shoval et al., 2010). The use of two pairs of raters during the selection for relevant articles, and a third and fourth rater when there was disagreement, minimized rater-bias that may have arisen from the subjective nature of applying the inclusion and exclusion criteria.

Publications review and data abstraction

Peer-reviewed articles were examined for the following attributes: features of wander-management technologies (i.e., technology type, specifications, cost, level of technology readiness) and characteristics of research (i.e., clinical implications, sample size, participant characteristics, level of clinical evidence of outcomes). Grey literature was reviewed for features of wander-management technologies (i.e., technology type, specifications, cost, device features). Four raters individually extracted data from articles.

Features of wander-management technologies

Technology type. Refers to the name and technology used to manage wandering. Primary categories identified include mobile locator (e.g., GPS, radio frequency identification (RFID), radio frequency (RF), Bluetooth, wireless fidelity (WiFi)), and sensor and alarm/locks (e.g., motion sensors with remote alarms).

Technology specifications. Refers to the technology hardware and software, transmission method, amount of technology, and time of monitoring.

Technology cost. Refers to the implementation cost of a technology (e.g., hardware cost, service plans, and related costs).

Technology features. Refers to the features described by technologies identified in the grey literature (e.g., SOS/panic button, email alerts to recipients, average battery life).

Level of technology readiness. Assesses the maturity of evolving technologies during their development. We used the Technology Readiness Level scale of United States Department of Energy (DOE 2009), in which 9 levels are used and ranged from TRL1 (least ready) to TRL9 (most ready).

Characteristics of research conducted in wander-management technologies

Type of study, design of the study, level of clinical evidence and outcomes in the studies regarding wander-management technologies. Studies were classified into four types, including technology-oriented and clinical-oriented studies, usability, or a combination of them. Study design was categorized using the McMaster assessment of study appraisal (Law et al., 1998, Letts et al., 2007). An adaptation of the modified Sackett criteria proposed by Teasell et al., (2013) was used to determine the level of evidence provided by the clinical oriented studies. Using this criterion, raters assigned a level of evidence for a given technological intervention based on a 7-level scale. Quality of the Randomized Controlled Trials (RCTs) was measured by the Physiotherapy Evidence Database (PEDro) scale (Mattimore et al., 1997). The PEDro scale has 11 criteria, 10 being the maximum score that a trial can achieve. Scores of 9-10 are considered “excellent” quality; 6-8 indicates “good” quality; 4-5 are “fair” quality; and below 4 is “poor” quality (Portney & Watkins, 2009). As the field of wander-management technologies is diverse, we assessed the levels of evidence across three device categories: mobile locator, sensor and alarm, and wayfinding.

Data on sample size, experiment length, topic type undertaken (i.e., technology-oriented, clinical-oriented, usability, or a combination of them), study design (i.e., qualitative

or quantitative research method), main outcomes of the study, and data collection location (i.e., home, community, facility) were collected.

Approach or policy taken towards ethical considerations, such as privacy, of an individual. Refers to whether ethics or privacy issues were addressed to guarantee privacy-sensitive storage and communication of data.

Data analysis

Data analysis was conducted by one person (NN). Due to the diversity of the included articles, a qualitative approach was used, where content analysis was performed on the extracted data highlighted above. Descriptive statistics (i.e., averages and standard deviations (SD)) were calculated for diversity of the technology specifications, technology cost, and technology readiness level across the included wander-management technologies, in addition to participant age, number of participants from the included studies, and study length.

Findings

The initial search identified 892 peer-reviewed studies; only 12 studies were included in the data-abstraction phase and final analysis (3.8%, 12/314) (Figure 1). One study was excluded for not meeting the language criteria. Therefore, the Tower-of-Babel bias for excluding non-English language studies was not significant (0.32%, 1/314) (Dickersin, Min, Meinert, 1992). Most studies (90.8%, 285/314) were excluded because they did not meet inclusion criteria 1a, 1b, 1c, or all three. Notably, 3% of the studies (9/314) were removed due to exclusion criteria 2, i.e., there was not enough information for categorizing the paper (e.g., participants' age or medical condition). Other reasons for exclusion from the final data-abstraction phase were that abstracts or studies were not available (1.9%, 6/314), and did not address PWD (3.2%, 10/314).

For the grey literature, 64 technologies from 37 commercial websites were included in the data-abstraction phase and final analysis. All met inclusion criteria 8, i.e., were commercial websites related to technology and wandering in PWD.

Studies were characterized by low journal impact factor (i.e., Source Normalized Impact per Paper (SNIP) mean 1.05, SD 1.1; 95% CI [0.46, 1.65]), and were published in journals located in Q2 (5 studies), Q3 (4 studies), and Q1 (3 studies) journal quartile per SCImago Journal Rank classification (SCImago, 2007). Regarding design (Law et al., 1998, Letts et al., 2007), three studies were of qualitative design (phenomenology (2), grounded theory (1), not applicable (1)), and 7 were of quantitative design (cross-sectional design (4), single-case design (2), before after design (1), and pre-test posttest control group repeated measures (1)) (Table 1). Included peer-reviewed literature came from 6 countries, with over half of the studies being conducted in the USA (58%, 7/12). Similarly, for the grey literature, commercial technologies were found to originate from 7 countries, with 80% of the technologies being from the USA and UK (42% USA, 38% UK).

Features of wander-management technologies

Wander-management technologies – technology type used, technology specifications and device features. A total of 83 technologies (19 from peer-reviewed and 64 from grey literature) were included in this scoping review, and included 26 types of devices. The most commonly-used wander-management technologies from the scholarly literature were Global Positioning System (21.1%, 4/19) and alarm and sensors (21.1%, 4/19). The most commonly-used wander-management technologies from the grey literature were Global Positioning System (45.3%, 29/64), alarm and sensors (20.3%, 13/64), and radio frequency (12.5%, 8/64) (Figure 2).

The extent of technology specifications and device features varied. Based on technology specifications by the three main categories, there was an average diversity of 39.6% for mobile locator devices (hardware: 14/56 (25.0%), software: 23/29 (59%), transmission method: 16/46 (34.8%)), and 47.6% for the alarm and sensors (hardware: 12/27 (44.4%), software: 3/12, (25.0%), transmission method: 11/15 (73.3%)). Similar findings were

found for device features, where 20.9% of the device features differed from the total amount (40/191).

Three categories of wander-management devices emerged: hardware costs, service plans, and miscellaneous costs. Mobile locator devices were the most expensive, with an average hardware cost of \$265.13 CAD (SD 184.84), and average monthly plan of \$36.79 (SD 20.16), compared to alarms and sensors with an average hardware cost of \$193.23 (SD 123.13) and minimal or no monthly service plan (Table 2).

Wearable designs (e.g., wristband) were the most commonly used way to mount the devices (67.7% 42/62) across all technologies. Wearable devices (watch, wristband, attachable card, shoe insoles, lanyard, belt) were more prevalent for mobile locator devices (90.48% 38/42). Devices mounted within buildings (on or near a door, bed, inside a room) were more prevalent for alarms and sensors (79.0% 15/19).

All devices, except for the way-finding belt, were designed for continuous monitoring. The location of monitoring varied, ranging from 29 devices for monitoring within a home, to 28 devices for monitoring within a home and community.

Technology readiness level (TRL). Figure 3 shows the level of technology readiness of the studies (DOE, 1992). For the peer-reviewed articles, only one was in the analytical and experimental critical functions phase (TRL3), and five were either in development and testing phases in laboratory, or validated in relevant environments (TRL 4 and 5), or the technologies were in demonstration or pilot phase (TRL6). The remaining six (50%) technologies were mature technologies in which actual systems operated over the full range of expected conditions (TRL9) (Table 3). Alarm and sensors was found to have the highest technology readiness level (TRL9), in comparison to mobile locator devices with an average TRL7, and way-finding belt with an average TRL5.

Descriptive analysis of studies

Characteristics of the research conducted in wander-management technologies. Participant characteristics, size and length of included studies. Participants of the included

studies described, had a mean age of 69 years (SD 9.2). The age ranged from 28 to 86 years for caregivers and 50 to 93 years for PWD, accounting for 750 total participants, with a high dispersion in the number of participants (i.e., mean of $n = 85$ and $SD = 128.1$). While 8 out of 12 of the peer-reviewed articles included PWD, none specified their underlying degree of dementia and level of cognitive decline. Fifty percent of the reviewed clinically-oriented studies are small trials with a total number of participants less than 50 (i.e., mean of $n = 14.8$ $SD = 12.3$), whereas the remaining trials can be described as medium-large (i.e., >50) with a mean of $n = 152.2$ ($SD = 156.2$). Of the 12 studies, 3 did not report sample size, therefore, were not included in the above calculations. Twelve studies involved caregivers, however, only six reported the relationship between the individual with dementia and caregiver. The most common type of family caregiver was adult children (38.5%), followed by spouse (18.8%), and grandchildren (3.8%). Professional caregivers, search and rescue workers, and nurses were also mentioned in 3 of the 12 studies. Only one study described the specific totals of each caregiver type. Eight of the studies reported the ratio of male to female dementia clients and caregivers. Four studies reported a 1:1 ratio of males to females, 2 had a majority of males, and 2 had a majority of female caregivers. Only 3 of the 12 studies reported ethnicity of participants. Of these, one was 100% Caucasian, one was 74% Caucasian, one was 100% Japanese, and one reported 19% of their participants as African-American. The lengths of the included studies varied (mean 16.1 months $SD = 34.8$).

What were the outcomes? Effectiveness of wander-management technologies was measured using 45 outcome variables across the 12 studies. Of these, 88.9% (40/45) of the outcome variables were different. The outcome variables included perceived effect of the technology on the well-being of the user (e.g., user safety, freedom, level of caregiver burden), perceived usability of the device by the user (e.g., attitude towards use of device, ease of use, concerns/problems), and the reliability and accuracy of the device (e.g., number of errors, alarm frequency) (Table 4). For the measures used to assess the proposed outcome variables, 50 measures were reported, and of these, 52% (26/50) were different. The most commonly used approaches were Likert scales (13/50) and interviews (9/50).

For the overall outcomes, 58.3% (7/12) of the included peer-reviewed literature reported that wander-management technologies showed advantages in terms of managing

wandering in PWD. Five of twelve studies reported negative or non-significant differences, but positive versus negative outcomes were not significantly different ($p > 0.05$). When separating the number of positive and negative or mixed outcomes for the three main categories, 42.86% (3/7) of mobile locator devices, 75% (3/4) of sensor and alarm devices, and 100% (1/1) of way-finding device demonstrated positive results. This indicates that while the implementation of wander-management technologies to assist PWD and their caregivers is promising, there is room for improvement and requires further investigation. Table 4 shows the number of studies classifying the positive and negative outcomes per device type ($n = 12$), in addition to details on the total number of participant and study design types.

Where is the evidence of clinical outcomes? The level of scientific evidence of the clinical oriented studies that evaluated wander-management technologies using quantitative methods was low. Regarding the level of scientific evidence for the studies that evaluated mobile locator devices, none of the four articles incorporated RCT designs, nor did they include control groups. Two papers used a cross-sectional design through the administration of surveys to caregivers and professionals involved in the care of persons with dementia. Both studies were at a level of evidence 5, and results indicated that caregivers prefer safety over autonomy and privacy of the person with dementia. Family caregivers felt that they should be involved in the decision-making when using mobile locator technologies and, caregivers' competence using computers was found to be an issue in seeking methods for tracking persons with dementia. One study was a single case study design without baseline phase, also at a level of evidence 5, indicating that the greatest distance walked by an individual with dementia who wanders, occurs at night followed by morning before and after breakfast. One study used qualitative approaches, which cannot be assessed using Sackett's criteria (Teasell et al., 2013).

Regarding devices that incorporated sensors and alarms, only one study could be assessed using Sackett's criteria (Teasell et al., 2013). This RCT (Rowe et al., 2009) achieved a PeDRO score of 4, with a level of evidence 3, that the relative risk of injuries at night was reduced by 86% when the sensor system was used. Two papers used qualitative methods, which cannot be assessed using Sackett's criteria (Teasell et al., 2013). Regarding way-finding devices, there was level 5 evidence from a case study design (Grierson, Makimoto, Suzuki, Yamakawa, & Ashida, 2011) indicating that individuals with mild dementia were capable of

following vibrotactile signals, however, the device was not functionally relevant to those who have progressed to moderate stages of dementia.

usability and technology acceptance. Of the peer-reviewed studies, 50% (6 studies) aimed to study the usability and technology acceptance of wander-management technologies. Of these, 3 (50%, 3/6) examined acceptance of mobile locator devices, 2 (33.33%, 2/6) examined acceptance of sensor and alarm devices, and 1 (16.67%, 1/6) examined acceptance of way-finding devices (Table 4). Overall acceptability and usability of these technologies were high among users. For example, one study found that most respondents agreed that the use of a mobile locating device was superior to existing search methods and would increase quality of life of users, that they were appropriate devices, and that they could operate the device successfully (Altus et al., 2000). Those who were more inclined to use wander-management technologies, were older adults who had been lost once or more (89%) or who had been diagnosed with mild dementia and had a history of being lost (73%) (Yung-Ching & Leung, 2012).

While the acceptability of certain devices was high, others did not have the same result. The installation of door-locking equipment, for example, was met with resistance from most caregivers, even if the lock significantly improved the safety of PWD. In addition to acceptance of wander-management technologies, barriers on the use of the technology included uncomfortable wear of the device, cost of equipment, fears of losing one's privacy, difficulties using the device, false alarms caused by the device, and concerns about being labeled and stigmatized (Table 4). Technology aesthetics were also considered important in purchase consideration (Yung-Ching & Leung, 2012).

Approach or policy taken towards ethics and privacy of the individual. While concerns were raised over data security of wander-management technologies, only 5 of the 83 included technologies reported any kind of approach or policy taken to guarantee privacy of the individuals that used wander-management technologies. Approaches included encrypted data sharing and devices with password protection.

Discussion

This review examined the range and extent of technologies used to manage wandering behavior in PWD. We included 12 studies (out of 892) and 64 commercial technologies. Overall, 83 technologies were included, with the majority (>70%) of the devices being derived from the grey literature. Out of the 83 technologies, there were 26 different types of devices, with GPS (39.76%) and alarm and sensors (16.7%) being the most common. Only 22% of these devices (19/83) however were clinically tested in home or institution settings. The lack of usability testing and user-centred design, raises questions about the degree of effectiveness of the proposed technologies and accuracy of vendors' claims about their products. An increased focus on usability testing and user-centred design, would enable developers to identify and prevent potential problems with the technology design (Kushniruk, Triola, Borychki, Stein, Kannry, 2005), which could enhance technology adoption and acceptance of wander-management technologies (Veryzer & de Mozota, 2005).

Aside from a lack of usability testing of locator technologies, commercially available technologies were difficult to find and were scattered across the literature. On average, 50% of caregivers were over 50 years (Messinger-Rapport, McCallum, Hujer, 2006), and while Internet use among seniors are rising, some still have trouble using computers (Eastman & Iyer, 2004). This is a concern for caregivers who are less technologically-savvy trying to find such websites.

In addition to the numerous technologies included in this review, technology specifications were diverse. As vendor-supplied information on locator technologies are inconsistent, and no standard set of descriptors exist to compare devices across vendors, caregivers are challenged when they seek such information. For example, they may struggle to determine which technology works best for their individual circumstance, or whether it is better to incorporate multiple device types (i.e., GPS, Bluetooth). No study has evaluated all three types of wander-management technologies (locator devices, alarms and sensors, finding your way belt), nor evaluated the differences across commercial mobile locators (e.g., GPS). These comparisons could enable further knowledge as to the effectiveness of such devices, and would determine whether the application of one or a combination of wander-management technologies would increase the potential of meeting the unique needs and circumstances of a

person with dementia and caregivers. Some PWD, for example, wander inside and outside of their homes (Moore, Algase, Powell-Cope, & Beattie, 2009). In this review, only half of the devices specified whether they were designed for indoor or outdoor use. Out of these, only one commercial technology combined a locator device for outdoor use, with an indoor position system (IPS) (i.e., SafeTracks provides BlueBeacon in the TRiLOC GPS locator). This allows for more accurate locations both inside and outside the home. Studies are presently starting to examine this.

In addition to the primary aim of this review, we wanted to identify the level of technology readiness of wander-management devices, and to characterize the best available evidence about the implementation of such technologies. Overall, most included peer-reviewed articles describe mature technologies. This signifies the positive state of wander-management technologies, in that most are ready for consumer use, or are in their stages of development. Despite potential advantages of using technology-driven interventions to reduce incidences of dementia-related wandering, their use is relatively new. Further research in this area is required due to the low levels of evidence for the 12 studies reviewed.

Mixed outcomes were found for the technologies, and usability and acceptance were high for certain devices (mobile locator with some mixed reviews for alarms and sensors). Acceptability was low for other devices such as locks. This is in part due to users feeling that they were restricting the freedom of PWD. For example, caregivers stated that locks were intrusive to the home environment and key codes were difficult to remember. In addition to locks, most technologies to improve home safety, such as stove knob covers, and flood detectors, were not accepted. This may be due to the changed appearance of the home, concerns about how a person with dementia would respond to unfamiliar objects in the living space (McKenzie, Bowen, Keys, & Bulat, 2013), and difficulties experienced by caregivers who live in the same household as the person with dementia. There is also a need to address additional barriers of technologies that are accepted. The largest deterrent for families was the cost of equipment. One suggested strategy for deployment was for police departments to purchase and users to lease the devices, leaving the caregiver only responsible for the cost of the service to operate the device and the battery. Such arrangement was tried in North Carolina with success (Altus et al., 2000). Vendors may also offer options for users to lease devices.

Aside from the outcomes that measured caregivers' perceptions on wander-management devices, none of the included studies addressed the opinions and needs of PWD. The evaluation of both caregivers and PWD is critical to enable greater user adherence and satisfaction.

High variability of population size, study duration, assessment tools, and outcomes may also have had an impact on the mixed overall outcomes of the technologies. None of the studies could sufficiently be compared. This indicates a need to determine a study length and size that is best suited for developing and testing wander-management technologies to enable appropriate comparisons. The high variability also makes it difficult to determine what outcomes and variables best indicate effectiveness of wander-management technologies, and emphasizes the critical need to determine and standardize outcome variables. The level of scientific evidence provided by clinical oriented studies that used quantitative methods is low as the highest level per Sackett criteria (Teasell et al., 2013) was 3. Thus, there is a need to increase the level of evidence identifying clear outcomes that are impacted in the lives of PWD and their caregivers using technologies for managing wandering.

There is a gap in the literature with respect to ethics and privacy of individuals using wander-management technologies. There has been no approach or recommendations published on an approach to address ethical issues.

Importance to Occupational Therapy

Individuals who wander experience limitations in daily activities and community participation, such as engaging in social activities (White, Montgomery, & McShane, 2010). Participation in meaningful activities through occupational therapy programs has a positive impact on the quality of life of people with dementia and their caregivers (Hynes et al., 2016). Technologies for wandering may be adopted as a strategy in occupational therapy interventions for PWD.

The use of non-constraining technologies such as GPS location device or movement sensors is consistent with occupational therapy's paradigm of enabling function and enhancing ability, wellbeing and quality of life through occupation (Polatajko, Townsend, & Craik,

2007). As well, technologies can align with a self-management approach because it is a way to facilitate persons with dementia to continue to be active, to support independence and enable them to engage in meaningful activities such as walking, visiting friends or shopping (White, Montgomery, & McShane, 2010).

Wandering safely may be beneficial for PWD, and the use of non-constraining technologies is an appropriate strategy to manage risk by guiding instead of restraining which can improve PWD's sense of wellbeing and reduce their anxiety (Wigg, 2010). On the other hand, the use of physical barriers such as locks can hinder PWD from engaging in occupations, increase stress and lower confidence in family caregivers causing the person with dementia to feel imprisoned (Robinson, et al., 2007). Despite this, Jarvis et al. (2016) found that community occupational therapists were likely to prescribe locks to PWD, possibly due to limited knowledge about the existence of other types of less constraining technologies. Occupational therapy practitioners can be more aware about technologies and strategies that are aligned with the occupational therapy values such as fostering our clients to engage in meaningful occupations. Community approaches and the use of non-constraining technologies may be complementary interventions in occupational therapy if the recommended technologies promote social participation.

Finally, due to limited evidence, occupational therapists are advised to analyze with caution the type of technologies to recommend to caregivers of PWD, and occupational therapy researchers are encouraged to engage in further investigation on this topic to increase the level of evidence.

Limitations of this review

We could only quantitatively assess the strength of studies that used RCT (using PeDRO scale); as far as we know there is no standardized scale that determines the quality of either quantitative or qualitative non-RCT studies. While there are tools and guidelines available for performing a critical appraisal of research literature, the result was a proxy measure of quality. Without a scale, comparison of the relative quality of the included studies was not possible.

Conclusion

From this review, we can conclude that many technologies exist to manage wandering in PWD. Occupational therapists may prescribe or recommend some of these to PWD, with consideration of the evidence. While acceptability and usability are high, there are barriers to the use of these devices. There is a general agreement that wander-management technologies can reduce risks associated with wandering, however, further research is required to identify technologies with high levels of evidence for effectiveness and usability. Due to the heterogeneity of data in this area, gold standard measurements, and standardization of study duration and outcome variables need to be developed to enable more accurate comparisons across studies.

Key messages

- We identified 26 different types of wandering-management devices that occupational therapists may prescribe.
- While technologies are believed to mitigate risks of wandering, ethical issues are pressing but seldom addressed.
- Research is needed to identify devices with high levels of evidence for effectiveness.

Conflict of interest

The authors have no conflicts of interest to declare.

References

- Algase, D.L., Beattie, E.R.A., Song, J.A., Milke, D., Duffield, C., Cowan, B. (2004). Validation of the Algase Wandering Scale (Version 2) in a cross cultural sample. *Aging & Mental Health*, 8(2), 133-142. doi:10.1080/13607860410001649644
- Algase, D.L., Beattie, E.R.A., Antonakos, C., Beel-Bates, C.A., Yao, L. (2010). Wandering and the physical environment. *American Journal of Alzheimer's Disease & Other Dementias*, 25(4), 340-346. doi:10.1177/1533317510365342
- Algase, D.L., Moore, H.D., Vandeweerd, C., Gavin-Dreschnack, D.J. (2007). Mapping the maze of terms and definitions in dementia-related wandering. *Aging & Mental Health*, 11(6), 686-698. doi:10.1080/13607860701366434
- Alzheimer Association. (2016). 2016 Alzheimer's Disease Facts and Figures. Retrieved from <http://www.alz.org/facts/>.
- Alzheimer's Disease International (2016). World Alzheimer Report 2016: Improving healthcare for people living with dementia. Retrieved from <https://www.alz.co.uk/research/WorldAlzheimerReport2016.pdf>
- *Altus, D.E., Mathews, R.M., Xaverius, P.K., Engelman, K.K., Nolan, B.A.D. (2000). Evaluating an electronic monitoring system for people who wander. *American Journal of Alzheimer's Disease & Other Dementias*, 15(2), 121-125. Retrieved from <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/153331750001500201>
- Aneshensel, C.S., Pearlin, L.I., Levy-Storms, L., Schuler, R.H. (2000). The Transition from Home to Nursing Home Mortality Among People with Dementia. *Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 55(3), S152-S162. doi:<https://doi.org/10.1093/geronb/55.3.S152>

- *Applegarth, S. E., Rowe, M., Kearns, W. D., & Bowen, M. E. (2013). Activation thresholds and operating characteristics of commercial alarm products to provide surveillance for dementia caregivers. *Gerontechnology*, 11(3), 480-487. doi:10.4017/gt.2013.11.3.007.00
- Arksey, H., O'Malley, L. (2005). Scoping studies: towards a methodological framework. *International Journal of Research Methodology: Theory & Practice*, 8, 19-32. doi:http://dx.doi.org/10.1080/1364557032000119616
- Black, W., Almeida, O.P. (2004). A systematic review of the association between the behavioral and psychological symptoms of dementia and burden of care. *International Psychogeriatrics*, 16(3), 295–315. doi:https://doi.org/10.1017/S1041610204000468
- Brodaty, H., Donkin, M. (2009). Family caregivers of people with dementia. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 11(2), 217–228. Retrieved from <http://www.dialogues-cns.com/pdf/DialoguesClinNeurosci-11-217.pdf>
- Chang, Y. J., Chu, Y. Y., Chen, C. N., & Wang, T. (2008). Mobile computing for indoor way finding based on Bluetooth sensors for individuals with cognitive impairments. 3rd International Symposium on Wireless Pervasive Computing (pp. 623–627). Santorini: IEEE. doi:10.1109/ISWPC.2008.4556284
- Choi, J. (1999). Wandering as a goal-seeking behavior: examining wanderers' negotiation with the physical environment. *Architectural Research*, 1(1), 11-16
- Daudt, H.M., van Mossel, C., Scott, S.J. (2013). Enhancing the scoping study methodology: a large, inter-professional team's experience with Arksey and O'Malley's framework. *BMC Medical Research Methodology*, 13, 48. doi:10.1186/1471-2288-13-48
- Dewing, J. (2010). Responding to agitation in people with dementia. *Nursing Older People*, 22(6), 18-25. doi:http://dx.doi.org/10.7748/nop2010.07.22.6.18.c7837

Dickersin, K., Min, Y., Meinert, C. (1992). Factors influencing publication of research results. *JAMA*, 267(3), 374–378. doi:10.1001/jama.1992.03480030052036

Dickerson, K., Scherer, R., Lefebvre, C. (1994). Identifying relevant studies for systematic reviews. *BMJ*, 309 (6964), 1286–1291. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2541778/pdf/bmj00465-0048.pdf>

DOE. (2009). Department of Energy Technology Readiness, Assessment Guide. Office of Management. Department of Energy, U.S., Washington, DC. Retrieved from <https://www.directives.doe.gov/directives-documents/400-series/0413.3-EGuide-04/@@images/file>

Eales, J., Kim, C., Fast, J. (2015). A snapshot of Canadians caring for persons with dementia: The toll it takes. Research on Aging Policies and Practice, University of Alberta. Retrieved from: http://www.rapp.ualberta.ca/~media/rapp/Home/Documents/2015-10-7_Dementia_Caregivers_in_Canada.pdf.

Eastman, J.K. & Iyer, R. (2004). The elderly's uses and attitudes towards the internet. *Journal of Consumer Marketing*, 21(3), 208–220. doi:<http://dx.doi.org/10.1108/07363760410534759>

*Greiner, C., Makimoto, K., Suzuki, M., Yamakawa, M., Ashida, N. (2007). Feasibility study of the integrated circuit tag monitoring system for dementia residents in Japan. *American Journal of Alzheimer's Disease & Other Dementias*, 22(2), 129–136. Retrieved from <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1533317507299414>

*Grierson, L.E.M., Zelek, J., Lam, I., Black, S.E., Carnahan, H. (2011). Application of a tactile way-finding device to facilitate navigation in persons with dementia. *Assistive Technology*, 23, 108–115. doi:<http://dx.doi.org/10.1080/10400435.2011.567375>

- Hamers, P.H., Gulpers, M.J.M., Strik, W. (2004). Use of physical restraints with cognitively impaired nursing home residents. *Journal of Advanced Nursing*, 45, 246–251. doi:10.1046/j.1365-2648.2003.02885.x
- Hermans, D., Htay, U. G., & Cooley, S. J. (2009). Non-pharmacological interventions for wandering of people with dementia in the domestic setting (review). *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 4, 1–19. doi:10.1002/14651858.CD005994.pub2
- Hynes, S.M., Field, B., Ledgerd, R., Swinson, T., Wenborn, J., di Bona, L., ... Orrell, M. (2016) Exploring the need for a new UK occupational therapy intervention for people with dementia and family carers: Community Occupational Therapy in Dementia (COTiD). A focus group study. *Aging & Mental Health*, 20(7), 762–769. doi:http://dx.doi.org/10.1080/13607863.2015.1037243
- Jarvis, F., Clemson, L. M., & Mackenzie, L. (2016). Technology for dementia: attitudes and practices of occupational therapists in providing assistive technology for way finding. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 1-5. doi:10.3109/17483107.2016.1173729
- *Kearns, W.D., Algase, D., Moore, D.H., Ahmed, S. (2008). Ultra wideband radio: a novel method for measuring wandering in persons with dementia. *Gerontechnology*, 7(1), 48-57. doi:https://doi.org/10.4017/gt.2008.07.01.005.00.
- Kushniruk, A.W., Triola, M.M., Borychki, E.M., Stein, B., Kannry, J.L. (2005). Technology induced error and usability: the relationship between usability problems and prescription errors when using a handheld application. *International Journal of Medical Informatics*, 74(7-8), 519–526. doi:10.1016/j.ijmedinf.2005.01.003
- *Landau, R., Auslander, G.K., Werner, S., Shoval, N., Heinik, J. (2011). Who should make the decision on the use of GPS for people with dementia? *Aging & Mental Health*, 15(1), 78-84. doi:10.1080/13607861003713166.

- Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch, J., Westmorland, M. (1998). Guidelines for Critical Review Form – Quantitative Studies. Quantitative Review Form Guidelines, 1–11. Retrieved from <http://srs-mcmaster.ca/wp-content/uploads/2015/05/Guidelines-for-Critical-Review-Form-Quantitative-Studies.pdf>.
- Letts, L., Wilkins, S., Law, M., Stewart, D., Bosch, J., Westmorland, M. (2007). Guidelines for Critical Review Form: Qualitative Studies (Version 2.0). Qualitative Review Form Guidelines, 1–12. Retrieved from <http://srs-mcmaster.ca/wp-content/uploads/2015/05/Guidelines-for-Critical-Review-Form-Qualitative-Studies.pdf>.
- Light, R., Pillemer, D. (1984). *Summing up: The science of reviewing research*, Harvard University Press, Cambridge.
- Liu, L., Miguel, Cruz, A., Ruptash, T., Barnard, S., Juzwishin, D. (2017). Acceptance of global positioning system (GPS) technology among dementia clients and family caregivers. *Journal of Technology in Human Services*, 1-21. doi:doi.org/10.1080/15228835.2016.1266724
- Liu, L., Stroulia, E., Nikolaidis, I., Miguel-Cruz, A., Rios Rincon, A. (2016). Smart homes and home health monitoring technologies for older adults: A systematic review. *International Journal of Medical Informatics*, 91, 44–59. doi:10.1016/j.ijmedinf.2016.04.007
- *McKenzie, B., Bowen, M.E., Keys, K., Bulat, T. (2013). Safe home program: A suite of technologies to support extended home care of persons with dementia. *American Journal of Alzheimer's Disease & Other Dementias*, 28(4), 348–354. doi:10.1177/1533317513488917
- Messinger-Rapport, B.J., McCallum, T.J., Hujer, M.E. (2006). Impact of dementia caregiving on the caregiver in the continuum of care. *Annals of Long-Term Care*, 14(4), Retrieved from <http://www.managedhealthcareconnect.com/article/dementia-caregiving>.

- Moore, H.M., Algase, D.L., Powell-Cope, G., Beattie, E.R.A. (2009). A framework for managing wandering and preventing elopement. *American Journal of Alzheimer's Disease & Other Dementias*, 24(3), 208–219. doi:10.1177/1533317509332625
- Polatajko, H., Townsend, E., & Craik, J. (2007). Canadian Model of Occupational Performance and Engagement (CMOP-E). In T. E.A., & P. E. H.J., *Enabling Occupation II: Advancing an Occupational Therapy Vision of Health, Well-being, & Justice through Occupation* (pp. 22-36). Ottawa, ON: CAOT Publications ACE.
- Portney, L. & Watkins, M. (2009). *Foundations of clinical research applications to practice*, third, ed., Pearson Prentice Hall, Toronto.pp. 891.
- Pot, A. M., Willemse, B. M., & Horjus, S. (2012). A pilot study on the use of tracking technology: Feasibility, acceptability, and benefits for people in early stages of dementia and their informal caregivers. *Aging & Mental Health*, 16(1), 127–34. doi:10.1080/13607863.2011.596810
- *Rahimi, M., Vaughn-Cooke, M. (2007). Information architecture for an Alzheimer's communication monitoring system (ACMS). *Gerontechnology*, 6(1), 42-55. doi:http://dx.doi.org/10.4017/gt.2007.06.01.006.00.
- *Robinson, L., Hutchings, D., Corner, L., Finch, T., Hughes, J., & Brittain, K. (2007). Balancing rights and risks: Conflicting perspectives in the management of wandering in dementia. *Health, Risk & Society*, 9(4), 389-406. doi:10.1080/13698570701612774
- *Rowe, M.A., Kelly, A., Horne, C., Lane, S., Campbell, J., Lehman, B., ... Pe Benito, A. (2009). Reducing dangerous nighttime events in persons with dementia by using a nighttime monitoring system. *Alzheimer's & Dementia*, 5(5), 419–426. doi:10.1016/j.jalz.2008.08.005

- Satlin, A., Volicer, L., Stopa, E.G., Harper, D. (1995). Circadian locomotor activity and core-body temperature rhythms in Alzheimer's disease. *Neurobiology of Aging*, 16(5), 765-771. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/0197-4580\(95\)00059-N](http://dx.doi.org/10.1016/0197-4580(95)00059-N)
- Scherer, R., Dickersin, K., Langenberg, P. (1994). Full publication of results initially presented in abstracts: A Meta-analysis. *JAMA*, 272(2), 158–162.
- SCImago. (2007). SCI mago journal & country rank: un Nuevo porta, dos nuevos rankings. *EL profesional de la Información*, 16(6), 645–646.
- Shoval, N., Auslander, G., Cohen-Shalom, K., Isaacson, M., Landau, R., Heinik, J. (2010). What can we learn about the mobility of the elderly in the GPS era?. *Journal of Transport Geography*, 18(5), 603–612. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2010.03.012>
- Song, J.A., Algase, D. (2008). Premorbid characteristics and wandering behavior in persons with dementia. *Archives of Psychiatric Nursing*, 22(6), 318-327. doi:10.1016/j.apnu.2007.10.008
- Teasell, R., Marshall, S., Cullen, N., Bayley, M., Rees, L., Weiser, M., ... Aubut, J.A. (2013). Evidence-based review of moderate to severe acquired brain injury. Executive summary. [Online]. Available: <Http://www.abiebr.com> (accessed 15.09.16).
- Veryzer, R.W. & de Mozota, B.B. (2005). The impact of user-oriented design on new product development: An examination of fundamental relationships. *Journal of Product Innovation Management*, 22(2), 128–143. doi:10.1111/j.0737-6782.2005.00110.x
- White, E. B., Montgomery, P., & McShane, R. (2010, April). Electronic tracking for people with dementia who get lost outside the home: a study of the experience of familial carers. *British Journal of Occupational Therapy*, 73(4), 152-159.

*Wigg, J. M. (2010). Liberating the wanderers: using technology to unlock doors for those living with dementia. *Sociology of Health & Illness*, 32(2), 288–303. doi:10.1111/j.1467-9566.2009.01221.x

Wiles, J.L., Leibing, A., Guberman, N., Reeve, J., Allen, R.E.S. (2012). The meaning of “aging in place” to older people. *The Gerontologist*, 52(3): 357-366. doi:<https://doi.org/10.1093/geront/gnr098>

*Yung-Ching, C. & Leung, C. (2012). Exploring functions of the lost seeking devices for people with dementia. *Work*, 41(1), 3093–3100. doi:10.3233/WOR-2012-0568-3093

Appendix A

Table s1. Peer-reviewed Literature Search Strategy

Database	Keywords	Results
MEDLINE	<ol style="list-style-type: none"> 1. exp Dementia/ 2. cognition disorders/ or mild cognitive impairment/ 3. (dementia or Alzheimer* or (cognitive* adj5 (impair* or disorder*)))mp. 4. 1 or 2 or 3 5. Wandering Behavior/ 6. (wander* or sundowning or escap* or restlessness or pacing or exit*)mp. 7. walk*.mp. 8. stay.mp. 9. or/5-8 10. 5 or 6 11. technology/ or inventions/ 12. Telemedicine/ 13. Remote Sensing Technology/ 14. Self-Help Devices/ 15. exp Cell Phones/ 16. Mobile Applications/ 17. Radio Frequency Identification Device/ 18. Telemetry/ 19. (((mobile or cell* or wireless) adj (phone* or telephone* or device*)) or smart phone* or iPhone* or personal digital assistant* or texting or text message * or (text adj4 (sms or mms)) or app or apps or mobile application*).mp. 20. (telemedic* or telehealth or telecare or telemonitor* or telesurveillance or (remote* adj3 monitor*)).mp. 21. technolog*.tw,kf. 	471

	<p>22. (GPS or global positioning system* or gerontechnolog* or RFID or radio frequency or tracking or surveillance or tagging or electronic restraint* or alarm or alarms).mp.</p> <p>23. (assistive adj4 device*).mp.</p> <p>24. (SafeTracks or SafeLink or Location Based Technologies or Bluewater Security or iTraq or Project LifeSaver or Revolutionary Tracker or iLOC Technologies or Laipac or eCare or Rapid Protect or Safepresence or Estimate).mp.</p> <p>25. or/11-24</p> <p>26. 4 and 9 and 25</p>	
CINAHL	<p>(MH "Dementia") OR (cognition disorders/ or mild cognitive impairment/) OR ((dementia or Alzheimer* or (cognitive* adj5 (impair* or disorder*))).)</p> <p>(MH "Wandering Behavior") OR ((wander* or sundowning or escap* or restlessness or pacing or exit*) OR walk* OR stay</p> <p>technology OR telemedicine OR remote sensing technology OR self-help devices OR cell phones OR mobile applications OR radio frequency identification device OR telemetry OR ((mobile or cell* or wireless or phone* or telephone* or device* or smart phone* or iPhone* or personal digital assistant* or texting or text message* or sms or mms or app or apps or mobile application*)) OR ((telemedic* or telehealth or telecare or telemonitor* or telesurveillance or remote* monitor*)) OR ((GPS or global positioning system* or gerontechnolog* or RFID or radio frequency or tracking or surveillance or tagging or electronic restraint* or alarm or alarms)) OR ((SafeTracks or SafeLink or Location Based Technologies or Bluewater Security or iTraq or Project LifeSaver or Revolutionary Tracker or iLOC Technologies or Laipac or eCare or Rapid Protect or Safepresence or Estimate))</p> <p>(technology OR telemedicine OR remote sensing technology OR self-help devices OR cell phones OR mobile applications OR radio frequency identification device OR telemetry OR ((mobile or cell* or wireless or phone* or telephone* or device* or smart phone* or iPhone* or personal</p>	198

	digital assistant* or texting or text message* or sms or mms or app or apps or mobile application*)) OR ((telemedic* or telehealth or telecare or telemonitor* or telesurveillance or remote* monitor*)) OR ((GPS or global positioning system* or gerontechnolog* or RFID or radio frequency or tracking or surveillance or tagging or electronic restraint* or alarm or alarms)) OR ((SafeTracks or SafeLink or Location Based Technologies or Bluewater Security or iTraq or Project LifeSaver or Revolutionary Tracker or iLOC Technologies or Laipac or eCare or Rapid Protect or Safepresence or Estimate))) AND (S1 AND S2 AND S3)	
PsychINFO	1. dementia/ or alzheimer's disease/ 2. cognitive impairment/ 3. (dementia or Alzheimer* or (cognitive* adj5 (impair* or disorder*)))mp. 4. 1 or 2 or 3 5. wandering behavior/ 6. (wander* or sundowning or escap* or restlessness or pacing or exit*).mp. 7. walk*.mp. 8. stay.mp. 9. or/5-8 10. technology/ 11. telemedicine/ 12. monitoring/ 13. cellular phones/ 14. mobile devices/ 15. telemetry/ 16. (((mobile or cell* or wireless) adj (phone* or telephone* or device*)) or smart phone* or iPhone* or personal digital assistant* or texting or text message * or (text adj4 (sms or mms)) or app or apps or mobile application*).mp. 17. (telemedic* or telehealth or telecare or telemonitor* or telesurveillance or (remote* adj3 monitor*)).mp.	223

	18. (assistive adj4 device*).mp. 19. (SafeTracks or SafeLink or Location Based Technologies or Bluewater Security or iTraq or Project LifeSaver or Revolutionary Tracker or iLOC Technologies or Laipac or eCare or Rapid Protect or Safepresence or Estimote).mp. 20. (GPS or global positioning system* or gerontechnolog* or RFID or radio frequency or tracking or surveillance or tagging or electronic restraint* or alarms or alarm).mp. 21. or/10-20 22. 4 and 9 and 21	
INCLUDING REPEATED ARTICLES		892
REPEATED ARTICLES REMOVED		578
TOTAL		314

Table s2. Grey Literature Search Strategy

Source Searched	Date searched	Search terms	Results
Google	May 5, 2016	dementia and wander* and technology	161,000 results (10 relevant)
Google	May 17, 2016	dementia and wander* and tech*	1,050,000 results (14 relevant)
Google	May 27, 2016	dementia and wander* and tech* and company*	5,860,000 results (2 relevant)
Google	May 30, 2016	dementia and wander* and GPS	147,000 results (15 relevant)
Google	May 30, 2016	dementia and wander* and RFID	38,000 results (4 relevant)

Google	May 31, 2016	dementia and wander* and Wi-Fi	694,000 results (4 relevant)
Google	May 31, 2016	dementia and wander* and mobile applications or iOS or android	90,900 results (0 relevant)
Google	May 31, 2016	dementia and elope* and technology	48,500 results (0 relevant)
Google	May 31, 2016	dementia and sun downing and technology	136,000 results (0 relevant)
Institute of Health Economics	June 1, 2016	dementia	0 results
Institute of Health Economics	June 1, 2016	dementia and wandering	0 results
CADTH grey matters	June 1, 2016	dementia and wandering	3 results (2 relevant)
The University of Alberta Grey Literature Collection	June 1, 2016	dementia and wander* and technology	6 results (0 relevant)
The University of Alberta Grey Literature Collection	June 1, 2016	dementia and eloping and technology	0 results
The University of Alberta Grey Literature Collection	June 1, 2016	dementia and wander* and GPS	2 results (0 relevant)
The University of Alberta Grey Literature Collection	June 1, 2016	dementia and wander* and RFID	2 results (0 relevant)
The University of Alberta Grey Literature Collection	June 1, 2016	dementia and wander* and Wi-Fi	0 results
The University of Alberta Grey Literature Collection	June 1, 2016	dementia and wander* and mobile applications	0 results
Health on the Net Foundation	June 1, 2016	dementia and wander* and technology	21,900 results (0 relevant)

3.3. A methodology of implementing a videomonitoring system for community-dwelling elderly (article 3)

L'article correspond à l'étape 2 de la thèse et est publié dans la revue Gerontechnology sous la référence suivante :

Lapierre, N., Meunier, J., Filiatrault, J., St-Arnaud, A., Paquin, M.-H., Duclos, C., ...
Rousseau, J. (2016). A methodology of implementing a videomonitoring system for
community-dwelling elderly. *Gerontechnology*, 15(suppl)(87s). Consulté à l'adresse
<https://journal.gerontechnology.org/archives/b0da49edd3a84d58b06bcb1d13157f81.pdf>

Le format de l'article (*one page-paper*) est conforme aux normes de la revue; ses références, sa figure sont présentées en fin de l'article. Pour cet article, ma contribution à titre de première auteure, sous la supervision des professeurs Jacqueline Rousseau (directrice) et Jean Meunier (codirecteur), incluait la conception de la méthodologie, la collecte de donnée, leur analyse et leur interprétation puis la rédaction du manuscrit.

Purpose.

Ambient technologies facilitate Aging-in-Place¹. However, few were studied among community-dwelling elderly². In our recent study about home-dwelling elderly at risk of fall, a video monitoring system (VS) was implemented at home to monitor walk, balance and person-environment interaction. The study aims to de-scribe a methodology for implementing a VS at home of elderly women at risk of fall, to monitor night walks in situation of urinary urgency.

Method.

Using a multiple case study design³, the experiment included two parts: (i) pre-testing of the VS in an apartment-laboratory; and (ii) home implementation. The first part was a simulation of daily living situations, different settings and materials to test the VS and ensure it would fit to various contexts. Participants for the second part (women, ≥ 65 years old) were selected as it follows: (i) having experienced falls during the past year (≥ 1 fall); (ii) living alone; and (iii) walking to the toilet at night. Four women (mean age: 75 years old) participated (n=3 continent; n=1 incontinent). In a pre-implementation visit, home characteristics were collected (eg. sketches) and a semi-structured interview was performed to collect their habits and opinion regarding VS technologies. A multidisciplinary team (rehabilitation, computer sciences) discussed the setting of the VS based on this information. Then, the VS (Figure 1), wide angle cameras equipped with SD cards and fixed on tripods, was installed (7 nights) in the bedroom, the bathroom and the hallway to observe characteristics of the person (eg. balance), the environment (eg. carpet) and the person-environment interaction (eg. mobility at home). Cameras were programmed to record only when a movement was detected during a time window chosen by the participant (eg. 11:00pm to 7:00am). Two visits were carried out to verify the VS functioning: the day after the implementation, and at mid-term. Daily phone calls permitted to check participants' well-being and the VS. The eighth day, the VS was collected and a semi-structured interview, similar to the first one, was performed.

Results & Discussion.

Implementation was successful. The VS monitored walks seven nights, according to the time window chosen. It enabled to isolate elements impacting risk of fall (eg. night lamp). Most participants felt comfortable about it but they had requirements regarding its setting. Few difficulties related to the VS (eg. sensitivity), the home (eg. few outlets) or the person (eg. privacy) arose. The methodology developed for this study, facilitated the implementation, helped overcome difficulties (eg. complex setting)⁴ and showed the need for a system adaptable to home diversity and preferences¹. The study suggests a promising methodology to implement a VS for community-dwelling elderly.

References

1. Hoof J van, Kort HS, Rutten PG, Duijnste MS., Ageing-in-place with the use of ambient intelligence technology: Perspectives of older users. *International Journal of Medical informatics* 2011;80(5):310-331; doi:10.1016/j.ijmedinf.2011.02.010
2. Chen K-Y, Harniss M, Patel S, Johnson K. Implementing technology-based embedded assessment in the home and community life of individuals aging with disabilities: a participatory research and development study. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology* 2014;9(2):112-120; doi:10.3109/17483107.2013.805824
3. Yin RK. *Case Study Research: Design and Methods*. Washington: SAGE; 2013
4. Reeder B, Meyer E, Lazar A, Chaudhuri S, Thompson HJ, Demiris G. Framing the evidence for health smart homes and home-based consumer health technologies as a public health intervention for independent aging: A systematic review. *International Journal of Medical Informatics* 2013;82(7):565-579; doi:10.1016/j.ijmedinf.2013.03.007

Keywords: innovation opportunities in gerontechnology, elderly, technology, aging-in-place.

Address: Université de Montréal, Centre de recherche Institut de gériatrie, Montréal, Canada;

E: nolwenn.lapierre@umontreal.ca

Figure



Figure 1. Video monitoring system.

3.4. Elderly women's perceptions of a videomonitoring system for analysing the person-environment interaction at home (article 4)

L'article correspond à l'étape 2 de la thèse et est soumis sous la référence suivante :

Lapierre, N., Meunier, J., St-Arnaud, A., Filiatrault, J., Paquin, M.-H., Duclos, C., ... Rousseau, J. (Submitted). Elderly women's perceptions of a videomonitoring system for analysing the person-environment interaction at home.

Le format de l'article est conforme aux normes de la revue; ses références, ses tables et figures sont présentées en fin de l'article. Pour cet article, ma contribution à titre de première auteure, sous la supervision des professeurs Jacqueline Rousseau (directrice) et Jean Meunier (codirecteur), incluait la conception de la méthodologie, la collecte de données, leur analyse et leur interprétation puis la rédaction du manuscrit.

Abstract

Introduction. Developing technologies to help older adults to age in place is paramount in coping with health challenges related to the ageing population. Camera-based technologies are efficient for home monitoring; however, few studies exist of users' perceptions of these technologies. To monitor night walks and the person-environment interaction, a programmable videomonitoring system (VS) was implemented at home. This study explores users' perceptions of this VS.

Methods. For this multiple case study, six older women were recruited according to these criteria: (1) ≥ 65 years old; (2) \geq one fall within the last 12 months; (3) woke up at night to go to the toilet; (4) lived alone. The VS was implemented for seven nights. Perceptions were explored with semi-structured interviews before and after the experiment. Data were analysed qualitatively following a cross-case method.

Results. Participants had positive opinions of the VS before the implementation; they appreciated three features: (1) the programmable movement detection during chosen time slots, respecting privacy; (2) the LED indicating the recording; (3) the small cameras. After the experiment, participants reported positive experiences, though some revealed discomforts. During the experiment, participants' perceptions changed because they got used to the system.

Conclusion. Older women's favourable opinion of programmable VS supports the use of ambient technologies to age in place. Future research should involve larger samples to confirm the possibility of using programmable VS with community-dwelling older adults.

Key words: Older adults, Ageing-in-place, Technology, Video monitoring, Fall.

Introduction

The world's population is ageing: in 2050, older adults will represent 30 per cent of the population in Canada, Western Europe, China and Chile (World Health Organization, 2015). Ageing leads to an increased risk of disabilities and falling: 30 per cent of older adults fall each year; after age 85, the proportion rises to 50 per cent; and among older adults suffering from incontinence, 35 per cent fall each year (Foley et al., 2012; World Health Organization, 2008, 2015). Despite these risks, older adults prefer to age at home (Cheek, Nikpour, & Nowlin, 2005; World Health Organization, 2015). However, age-related multi-comorbidity increases health care needs that health systems alone cannot address (World Health Organization, 2015)(Boissonneault, Légaré, & Décarie, 2014). Informal caregivers compensate for these deficiencies: for example, in the United States of America, between 1999 and 2015, caregivers provided 30 hours of care per week (Wolff et al., 2017; World Health Organization, 2015). Given the ageing population, there are no longer enough caregivers and the demand for health care will double in 2050 (OECD, 2013). Developing new health care perspectives is crucial.

According to the World Health Organisation (WHO), new technologies, especially monitoring technologies, can help older adults to age in place and improve their quality of life (Mahmood, Yamamoto, Lee, & Steggell, 2008; Van Hoof, Kort, Rutten, & Duijnste, 2011; Wiles, Leibing, Guberman, Reeve, & Allen, 2012; World Health Organization, 2015). Gerontechnologies are defined as technologies that improve the quality of life of older adults (e.g., telemonitoring, smart homes, e-health) and their caregivers (Piau, Campo, Rumeau, Vellas, & Nourhashemi, 2014; Rodeschini, 2011).The WHO recommends exploring users' needs and preferences for gerontechnologies (World Health Organization, 2015). Some reviews highlight the lack of studies on the use and efficiency of gerontechnologies with community-dwelling older adults (Lapierre et al., 2018; Piau et al., 2014). One study showed that monitoring technologies are acceptable if they do not interfere with older adults' daily life (Chen, Harniss, Patel, & Johnson, 2014). Camera-based technologies are efficient at detecting and monitoring activities in laboratories, but few studies have evaluated them at home with community-dwelling older adults, and fewer have explored participants' opinions (Lapierre et al., 2018). Exploring users' perceptions of a videomonitoring system (VS) for fall prevention,

based on the person-environment (P-E) interaction, would address a gap in the scientific literature and act on the WHO's recommendation (World Health Organization, 2015).

The Model of Competence (Rousseau, Potvin, Dutil, & Falta, 2002), the conceptual framework of this study, defines P-E interactions by means of six concepts: (1) person; (2) environment: human and non-human; these concepts interact through (3) roles and (4) activities, representing the P-E interactions leading to (5) a competency situation or (6) a handicap situation. The operationalization of the model is presented in Figure 1.

Insert Figure 1

Roles are not operationalized because they are not relevant to this study. The Model of Competence enables one to consider participants' needs and preferences regarding the programmable VS as part of their environment.

This study is part of a pilot project exploring the walk and balance characteristics of older women at risk of falls when having urinary urgencies. The study involves two contexts: the laboratory and home. This article focuses on the implementation of a programmable VS for observing participants' walk and balance at home, when having urinary urgencies; thus the VS monitored their night walks on their way to the toilet. The aim of this study is to explore older women's perception of the use of a programmable VS at home.

Methods

The P-E interactions at home of six participants recruited from the laboratory participants were analysed using a programmable VS recording them at night when having urinary urgencies (on their way to the toilet).

Design

A multiple case study design was used to answer the research question "How do older women at risk of falling perceive the use of a programmable VS at home?"(Yin, 2014). The project was approved by the ethics committee of the XXX [blinded for revision].

Participants

Participants were recruited, in Montreal between June 2015 and July 2016, according to the following selection criteria: (1) at least 65 years old; (2) at least one fall per year; (3) woke up at night to go to the toilet; (4) lived alone, (5) had a standard ceiling height (≈ 243 cm); (6) were either continent (no urine leakage during the past year) or incontinent (score ≥ 6 on the short form of the International Consultation on Incontinence Questionnaire and at least 3 urine leakages per week)(Avery et al., 2004). Women with diagnosed psychiatric disorders or using walking aids were excluded.

Procedure

Participants for the research project were recruited from the XXX's [blinded for revision] participant database. Six participants of the laboratory phase ($n=3$ continent, $n=3$ incontinent) were asked to participate in the phase at home, consisting in the installation of the programmable VS for seven nights. On day 0 (first visit), participants' informed consent and information about their home and living habits were collected. On day 1 (implementation day), three or four cameras were installed (≈ 1 /room depending on environmental characteristics) in the bedroom, hallway and bathroom for seven consecutive nights (time slot chosen by each participant). On day 2 and day 5, a co-author visited each participant to check the system (setting and recording on SD cards). In accordance with the recommendations of the National Ethics Committee on Aging, recorded images were shown to the participant (Comité national d'éthique sur le vieillissement, 2015). Participants received a daily call to check on their well-being and on the VS. Participants could verify if the VS was recording: the cameras had an LED that flashes when it was recording.

Data collection

During the laboratory phase, participants completed the simplified ABC scale (Filiatrault et al., 2007) and the Montreal Cognitive Assessment (MoCA)(Nasreddine et al., 2005) to describe their cognitive status and their confidence on their balance when performing gestures of everyday life.

At the first meeting (day 0), participants' functioning, habits, and perceptions of the programmable VS were collected during a semi-structured interview (mean duration: 45 minutes). The questionnaire included 11 closed-ended questions (yes/no) with an option to

explain the answers and 14 open-ended questions. Time slots chosen by participants for night recording were noted; no minimum duration was imposed. Characteristics of the environment (e.g., architecture, furniture) were recorded (photographs, sketches and observation grids). A multidisciplinary team (expertise in computerised image processing, gerontology and rehabilitation) planned the VS setting. Throughout the implementation, a co-author completed a daily log to document events likely to influence the results. On day 8, the VS was removed and another semi-structured interview (mean duration: 55 minutes), similar to the first one, was done. This study focuses on the data from the semi-structured interviews.

Material and equipment

The VS consisted in high-definition cameras (ZIR32 by Zetta©)(Zetta Systems Ltd, s. d.). Each camera was equipped with a 32-GB micro SD card to store the videos. The cameras allowed wide angles and night recording (infrared lens). They were programmed to record when triggered by movement detection for a chosen night time slot. Each camera was attached to either a flexible, magnetisable tripod or a short rigid tripod, depending on the environment (Figure 2).

Insert Figure 2

Video images were processed (blurred) on a computer using AVS Video Converter software© (Online Media Technologies Ltd., s. d.) to respect participants' privacy (Figure 3).

Insert Figure 3

Data analysis

Based on Yin's "Relying on theoretical propositions" strategy (Yin, 2014, p. 136), analyses were performed using QDA Miner software (Provalis Research, 2016). A code list was based on the questionnaires and the conceptual framework (55 codes); two codes were added for new elements raised by participants. To validate the coding, two co-authors independently coded part of the interviews and then compared their coding. Two steps were needed; a 63 per cent inter-rater agreement was reached. Each discrepancy was discussed to reach agreement. The principal researcher validated each data reduction step. Sociodemographic data, results on the ABC scale and the MoCA were analysed descriptively

to provide information on participants' profiles. The answers to the closed-ended questions from the main questionnaire were analysed descriptively to complete the qualitative data. Based on Yin's cross-sectional synthesis, each case was first treated as a separate data set, then the entire data set was analysed qualitatively to reach a cross-case conclusion (Yin, 2014, p. 165).

Results

All the women contacted agreed to participate and none withdrew during the project. Their profiles are displayed in table 1.

Insert table 1

VS aesthetics

Before the experiment, all participants appreciated the look and small size of the VS. One participant said: "I think it's pretty. That's good; it's very small and practical. And the tripod, I think it's amusing. It's very discreet; the tripod attracts more attention actually. It's like E.T." (F041). One participant did not care how the VS looked. Another pointed out a feature she liked less: "The only snag would be the light [LED on cameras], but I'll sleep well with that" (F032).

After the experiment, their opinions did not change. Two participants said it had no importance for them. The others enjoyed it; one explained: "Very pretty [cameras]! I think they're fun, (...) they're like characters" (F054).

VS operation

Most participants understood the recording based on movement detection in a chosen time slot. They all had a favourable opinion of this functioning: "It's a good technology. It's a bit like my motion detectors; they do one thing" (F001). Specifically concerning the recording on movement detection, some participants saw an advantage for the research team:

I think it's perfect, it would be a lot of time for you to watch nothing [while participants are asleep], you'd look at it while thinking "maybe she'll get up sometime". As for us, we're lying down, we don't mind. (F041)

Participants mentioned that recording in a time slot preserved their privacy. One participant said: “It’s good that it stops at some point. I’m not sure I would have participated otherwise; I would have been very hesitant” (F175).

At the end of the experiment, participants still had a positive opinion of the system’s operation. Recording in one time slot reassured them. One said: “I didn’t have to worry about the cameras. In my mind, I trusted them not to work [during the day]” (F001). The recording on movement detection was a positive element; one participant said: “It [recording on movement detection] was good; I felt less spied on” (F054). Furthermore, the LED flashing when recording reassured participants that the system was operating properly. Participants appreciated customising the cameras’ location; one said: “It’s not intrusive at all. I could open cupboards easily. I didn’t run into it. In the bedroom, it was in the corner” (F041). Regarding the customised time slot, one participant explained:

What had reassured me was that we had set hours [time slot]. Of course I wouldn’t have undressed during the day; that’s why I chose midnight to 5:00, because I was in bed at those times. (...) it doesn’t affect my privacy. (F001)

Conversely, one participant mentioned that the customisation of the VS was not important to her because she was out during the day. Instead, she appreciated the customisation of the implementation procedure and explained:

I chose the days and scheduling of the calls; you adapted to my schedule. (...) I didn’t have to worry about wanting to leave and she [the co-author] didn’t call. (...) I didn’t have any trouble with that. (F148)

Video storage

Video images were stored in each camera’s SD card; participants preferred this rather than storage in the Cloud. One explained: “I feel more secure with that. With that [the SD card], it would surprise me if it’s found on the Internet” (F001). One participant had difficulties understanding how the Cloud works and preferred storage in SD cards because it appeared easier. Two participants had no preference; one explained: “It doesn’t bother me.

Anyway, who would be interested?” (F032). She specified that her opinion was based on the recorded activity: “It depends on what you record. But for this, it wouldn’t have bothered me” (F032). Another considered both storage types risky: “One technology or another, they’re safe, but there can always be breakdowns” (F041).

On day 8, they still preferred storage in SD cards rather than in the Cloud. One participant explained: “ I like it better this way; it seems to me that it stays here (...) I wouldn’t have felt secure... I don’t know if I would have participated; I probably would have thought about it more” (F175). The others said it was not important to them.

Ease and concerns

Overall, before the experiment, participants reported no apprehension about being videotaped. One explained: “It won’t affect my privacy, it will only be the time you need” (F001). Another said that her perception depended on the image processing of the video: “if you tell me that (...) nobody would recognise me, I trust you” (F175). However, some raised concerns such as dropping the camera or being filmed in the shower. Two participants felt uncomfortable receiving visitors during the experiment; one explained: “I don’t entertain much, so I won’t need to answer lots of questions” (F148).

After the experiment, some participants mentioned forgetting the cameras for days. One said: “I don’t know why, for days, I didn’t feel like I was being watched” (F175). Another went further, saying: “I acted as if they weren’t there. I really felt that they weren’t there” (F001). However, some concerns mentioned on day 0 were confirmed on day 8: the fear of explaining the VS to visitors persisted. One participant explained: “ I haven’t told anyone about my incontinence problem so... I remained a little embarrassed (...)” (F148). However, two participants did not feel uncomfortable. One said: “Well, I lived with it, I was comfortable, I had no problem” (F148). The automatic image processing was key for some participants. One said: “ I think it’s essential; I like it better (...) because it’s not... we’re not making movies here” (F054). For others, this feature was not a condition of their participation:

It’s not like you were looking at a photograph. In addition, from what I saw, it’s blurred, you can’t recognise the person (...). The image’s already blurred; blurring it more

doesn't change much, I don't know. I don't know because, even if someone looks, watching someone on the toilet isn't very interesting. (F041)

Participants could see examples of the recorded images on day 2 and day 5 and noticed that images were already blurred because of the infrared vision; it reassured them that their privacy was respected.

Influence on behaviour

Some participants changed their behaviour during the experiment. One participant said that she did not shower in her bathroom for fear of being filmed while naked or damaging the VS by splashing it (see other examples in Table 2). However, two other participants said they had not changed their habits during the experiment.

Insert table 2

Overall perception

On day 0, participants had positive opinions regarding the VS implementation. They mentioned feeling comfortable and safe: "Maybe because I'm used to my motion detector [alarm system], I'm used to having a camera that monitors my movements" (F001). However, one participant qualified this opinion saying: "I... feel comfortable, but I will keep an eye open, I will pay attention to what is happening" (F148).

At the end of the experiment (day 8), participants reported a positive experience. One said: "I liked my experience. I don't regret it. I would do it again" (F001). As shown in Table 3, three participants' opinions did not change during the experiment, whereas three others did change their opinions. Despite a rather positive opinion before the implementation, one participant found it difficult to accept the camera in her bedroom. During the three first daily calls, she reported problems falling asleep and felt she was being watched. She was given a chance to withdraw from the project but insisted on continuing. After the experiment, she explained:

I have to admit that the camera bothered me. That's the difference. I was really aware of the cameras and maybe I woke up more often, I'm not sure: it depends on the night. (...)

The cameras influenced me. The flashing bothered me. I knew that when I moved, it lit up. I tried not to see it, to cover my eyes so I couldn't see the flashing. (F054)

She also said: "I think I had more [concerns] than I thought; especially in my bedroom; it changed my night habits" (F054). However, two other participants' perceptions became more positive. One of them explained:

At the beginning, I checked to see if the cameras were working. I was aware that there were cameras, but it didn't bother me. When I saw on Monday that they were working well, I was keeping an eye on it but I didn't care anymore. (F041)

Some participants mentioned getting used to the VS during the experiment. One said: "It was more intimidating the first day, but then it subsides. Because we're not used to this, it's an unknown thing" (F175). Another said: "For sure, at first we forget less often, but then, with time, we don't even think about it" (F032).

Insert Table 3

Discussion

This multiple case study enabled us to explore six older women's perceptions of the use of a programmable VS at home for seven nights.

Perceptions before implementation

Despite the common belief that people would refuse to be filmed, every woman contacted agreed to participate. One participant (the oldest one) needed more explanations of how the system worked but had a good opinion of the VS. This is consistent with Mahmood et al.'s study showing that age does not hinder the use of technologies (Mahmood et al., 2008). The participants' positive perception is consistent with studies exploring older adults' opinions regarding VS (Londei et al., 2009; Vincent, Reinhartz, Deaudelin, Garceau, & Talbot, 2006). This implies that programmable VS represents a promising way to apply the WHO's recommendation that remote monitoring systems be developed for community-dwelling seniors.

Furthermore, one participant feared stumbling over the VS before the installation of the system; its setup was planned to minimise the probability of tripping, which reassured participants. To foster a positive perception, the system's implementation should facilitate its embedding into the environment; the system's aesthetics should blend into the home environment and the VS should be thought of as an integrated system in the home (Lapierre et al., 2015; Rousseau et al., 2002).

Finally, explaining the presence of cameras to visitors was a common concern because participants did not want to share their medical status. Thus, the small size of the VS and its appearance did not make it less stigmatising. On this matter, one participant suggested using white cameras to blend with the walls more easily and look trendier.

Perceptions after implementation

After the experiment, perceptions of the system were still positive. This finding is consistent with the literature and matched participants' pre-experiment perceptions (Vincent et al., 2006). It suggests that exploring potential users' perceptions before implementation may accurately predict their actual acceptance, in accordance with the Technology Acceptance Model (TAM): "behavioural intention to use" is related to "actual use" (Davis, 1985). Participants' positive opinions after the experiment also imply that implementing VS to monitor night walks should be considered in a remote care context. One participant expressed a negative perception of the system after the experiment. The difficulties she had understanding how the VS worked may have influenced her opinion. Ensuring understanding may be an element to consider in technology acceptance models.

The ease of use of the system (participant did not need to activate or deactivate the system), the automatic image processing (blurred images) helped us managing the implementation (Chen et al., 2014; Davis, 1985); more precisely challenges related to privacy, usability and respect of habits. This differs from the literature: a previous study showed that clear images were preferred for intelligent VS for fall detection (Londei et al., 2009). This discrepancy may be related to the technology's purpose: clear images are preferred in emergencies; blurred images, for monitoring (Londei et al., 2009). Developing an

implementation procedure (e.g. time slot chosen according to participants' schedules, daily calls) that respects older adults' routines and provides support, is also an element that favour acceptance.

Changes in perception

Comparing the before and after interviews enabled us to explore the changes in participants' perception, which evolved throughout the project and remained generally positive at the end. Most participants mentioned getting used to the VS while it was there. Chen et al. found that their monitoring system was accepted for three to six weeks (Chen et al., 2014). Furthermore, one participant in our study mentioned that she would do the experiment again. This suggests that longer periods are acceptable. Thus, future research should focus on longer implementation time to explore the effects of time on users' perceptions.

Theoretical model

This study highlights variables influencing older women's perceptions of technology implementation. Recording on motion detection in a chosen time slot makes the technology easier to use and facilitates the interaction between older adults and their non-human environment (VS)(Rousseau et al., 2002). Ease of use is mentioned in the TAM (Davis, 1985). Furthermore, the daily calls enabled participants to ask questions and share their concerns. It reassured them and eased their interactions with the VS. Mahmood et al. (Mahmood et al., 2008) identified support as a facilitator. However, other variables influencing our participants' perceptions are not integrated into current models; for example, respect of privacy and habits, and the feeling of control over the technology provided by the choice of time slot and the possibility of checking whether or not the system is recording (with the LED). Integrating these elements into existing models would ease the development of gerontechnologies adapted to older adults' needs. The Model of Competence allows the operationalization of these concepts, as presented in Figure 1.

Strengths and limitations

One strength of this study is the data triangulation (Creswell, 2013): semi-structured interviews pre- and post-experiment enabled us to explore changes in participants' perceptions. The daily calls and daily log complemented data from the semi-structured interviews and documented their context as recommended by Creswell and Yin (Creswell, 2013; Yin, 2014). The participants' heterogeneity is another strength: age range (68–80), education level (high school diploma to university degree), physical and cognitive health (continence, incontinence, MoCA results) and ABC results. This is congruent with Yin's recommendations for multiple case studies (Yin, 2014).

However, the study has limitations: it is part of a project focusing on women. Thus, men's perceptions must be explored. Participants were recruited through a participant database; therefore they may have positive perceptions of innovations. Moreover, for the laboratory part, participants needed to be able to walk without aids; thus, our sample contained only women at a low risk of falling (mean 1.6 falls/year) and with good mental health, which may have influenced the results. Future research should include participants with various profiles.

Conclusion

This study enabled to explore community-dwelling older women's perceptions before and after the installation of a programmable VS. Most participants had a positive opinion on the VS. They trusted it to preserve their privacy with the image processing. Some participants' perceptions changed during the experiment; concerns related to the presence of cameras (e.g., intrusiveness) lessened, but participants felt uncomfortable receiving visitors during the experiment. Some features and aspects of the implementation procedure positively influenced their experience (e.g., recording on movement detection). To favour the VS's acceptance and respect users' social life, future research should focus on developing technologies that are not stigmatising.

References

- Avery, K., Donovan, J., Peters, T. J., Shaw, C., Gotoh, M., & Abrams, P. (2004). ICIQ: A brief and robust measure for evaluating the symptoms and impact of urinary incontinence. *Neurourology and Urodynamics*, 23(4), 322-330. <https://doi.org/10.1002/nau.20041>
- Boissonneault, M., Légaré, J., & Décarie, Y. (2014). Les coûts des soins de santé chez les aînés avec incapacités au Québec. *Cahiers québécois de démographie*, 43(1), 69-102. <https://doi.org/10.7202/1025491ar>
- Cheek, P., Nikpour, L., & Nowlin, H. D. (2005). Aging well with smart technology. *Nursing Administration Quarterly*, 29(4), 329-338.
- Chen, K.-Y., Harniss, M., Patel, S., & Johnson, K. (2014). Implementing technology-based embedded assessment in the home and community life of individuals aging with disabilities: a participatory research and development study. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 9(2), 112-120. <https://doi.org/10.3109/17483107.2013.805824>
- Comité national d'éthique sur le vieillissement. (2015). Avis n°1 aspects éthiques de l'utilisation de caméras vidéo dans les milieux de vie des aînés. Québec, QC. Consulté à l'adresse https://www.ivpsa.ulaval.ca/sites/ivpsa.ulaval.ca/files/avis_rapport_complet.pdf
- Creswell, J. (2013). *Qualitative inquiry and research design, choosing among five approaches* (third). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.
- Davis, F. D. (1985). *A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems*: theory and results (Thesis). Massachusetts Institute of Technology. Consulté à l'adresse <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/15192>
- Filiatrault, J., Gauvin, L., Fournier, M., Parisien, M., Robitaille, Y., Laforest, S., ... Richard, L. (2007). Evidence of the Psychometric Qualities of a Simplified Version of the Activities-specific Balance Confidence Scale for Community-Dwelling Seniors. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 88(5), 664-672. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.02.003>

- Foley, A. L., Loharuka, S., Barrett, J. A., Mathews, R., Williams, K., McGrother, C. W., & Roe, B. H. (2012). Association between the Geriatric Giants of urinary incontinence and falls in older people using data from the Leicestershire MRC Incontinence Study. *Age & Ageing*, 41(1), 35-40 6p.
- Lapierre, N., Neubauer, N., Miguel-Cruz, A., Rios Rincon, A., Liu, L., & Rousseau, J. (2018). The state of knowledge on technologies and their use for fall detection: A scoping review. *International Journal of Medical Informatics*, 111, 58-71. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2017.12.015>
- Lapierre, Proulx Goulet, C., St-Arnaud, A., Ducharme, F., Meunier, J., Turgeon Londei, S., ... Rousseau, J. (2015). Perception et réceptivité des proches-aidants à l'égard de la vidéosurveillance intelligente pour la détection des chutes des aînés à domicile. *Canadian Journal on Aging*, 34(04), 445-456. <https://doi.org/10.1017/S0714980815000392>
- Londei, S. T., Rousseau, J., Ducharme, F., St-Arnaud, A., Meunier, J., Saint-Arnaud, J., & Giroux, F. (2009). An intelligent videomonitoring system for fall detection at home: perceptions of elderly people. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 15(8), 383-390. <https://doi.org/10.1258/jtt.2009.090107>
- Mahmood, A., Yamamoto, T., Lee, M., & Steggell, C. (2008). Perceptions and Use of Gerotechnology: Implications for Aging in Place. *Journal of Housing For the Elderly*, 22, 104-126. <https://doi.org/10.1080/02763890802097144>
- Nasreddine, Z. S., Phillips, N. A., Bédirian, V., Charbonneau, S., Whitehead, V., Collin, I., ... Chertkow, H. (2005). The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: a brief screening tool for mild cognitive impairment. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53(4), 695–699.
- OECD. (2013). *Health at a Glance 2013*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/health_glance-2013-en
- Online Media Technologies Ltd. (s. d.). AVS Video Converter (Version 10.0.4.616). London, UK: Online Media Technologies, Ltd. Consulté à l'adresse <http://www.avs4you.com/AVS-Video-Converter.aspx>

- Piau, A., Campo, E., Rumeau, P., Vellas, B., & Nourhashemi, F. (2014). Aging society and gerontechnology: a solution for an independent living? *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, 18(1), 97-112. <https://doi.org/10.1007/s12603-013-0356-5>
- Provalis Research. (2016). QDA Miner (Version 5). Montreal, QC. Consulté à l'adresse <https://provalisresearch.com/fr/produits/logiciel-d-analyse-qualitative/>
- Rodeschini, G. (2011). Gerotechnology: A new kind of care for aging? An analysis of the relationship between older people and technology. *Nursing & Health Sciences*, 13(4), 521-528. <https://doi.org/10.1111/j.1442-2018.2011.00634.x>
- Rousseau, J., Potvin, L., Dutil, E., & Falta, P. (2002). Model of Competence: A Conceptual Framework for Understanding the Person-Environment Interaction for Persons with Motor Disabilities. *Occupational Therapy in Health Care*, 16(1), 15-36. https://doi.org/10.1080/J003v16n01_02
- Van Hoof, J., Kort, H. S. M., Rutten, P. G. S., & Duijnste, M. S. H. (2011). Ageing-in-place with the use of ambient intelligence technology: Perspectives of older users. *International Journal of Medical Informatics*, 80, 310-331. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2011.02.010>
- Vincent, C., Reinhartz, D., Deaudelin, I., Garceau, M., & Talbot, L. R. (2006). Public telesurveillance service for frail elderly living at home, outcomes and cost evolution: a quasi experimental design with two follow-ups. *Health and Quality of Life Outcomes*, 4. <https://doi.org/10.1186/1477-7525-4-41>
- Wiles, J. L., Leibing, A., Guberman, N., Reeve, J., & Allen, R. E. S. (2012). The Meaning of “Aging in Place” to Older People. *Gerontologist*, 52(3), 357-366. <https://doi.org/10.1093/geront/gnr098>
- Wolff, J. L., Mulcahy, J., Huang, J., Roth, D. L., Covinsky, K., & Kasper, J. D. (2017). Family Caregivers of Older Adults, 1999–2015: Trends in Characteristics, Circumstances, and Role-Related Appraisal. *Gerontologist*. <https://doi.org/10.1093/geront/gnx093>
- World Health Organization. (2008). global report on falls prevention in older age. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization. (2015). World report on ageing and health. Geneva: World Health Organization.

Yin, R. (2014). Case study research: Design and Methods (5e éd.). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.

Zetta Systems Ltd. (s. d.). Infrared HD Security ZIR32. Consulté 5 août 2017, à l'adresse <http://www.zetta.com.hk/index.php/product/dvr/8/hd-security-z32-4-7-detail>

Tables

Table 1

Participant profiles

Participant codes and mean	Age	Civil status	Type of home	Highest educational level completed	Number of falls/year	Number of bathroom trips/night	of ABC (%) ^a	score	MocCA score/30 ^b
Mean (standard deviation)	73.7 (4.5)	-	-	-	1.6 (0.5)	2.2 (0.8)	74.2 (18.2)	27 (2.4)	
			Two-level						
F001	68	Divorced	apartment	College degree	2	2	73.3	26	
F032	76	Widowed	Apartment	University degree	2	1	71.1	25	
F041	75	Single	Apartment	University degree	2	3	80.0	30	
F054	80	Divorced	Apartment	University degree	1	2	97.8	25	
F148	69	Single	Apartment	University degree	2	2	80.0	30	
F175	74	Widowed	Bungalow	High school	1	3	42.2	26	

^a A score of 0 per cent means not confident about keeping balance while doing activities; a score of 100 per cent means very confident about keeping balance (Filiatrault et al., 2007).

^b A score ≥ 26 indicates a normal cognitive state (Nasreddine et al., 2005).

Table 2

Changes in behaviour

Participant code	Opinion
F032	"[laughter] I tried not to move [in bed] and it absolutely didn't work."
F041	"I wouldn't have walked around naked even if it's hot."
F041	"I haven't changed my routine, but I was aware of the cameras."
F054	"In the bedroom only, the others [cameras] didn't bother me at all. I experienced this intrusion. That changed my behaviour, as I told you earlier. Not my behaviour... my Small habits. (...) Like I said the other day, when I wake up, I read and I refrain reading, except for tonight."
F175	"I didn't say to myself 'I should not get up because I am going to be filmed'. No, I anyway."

Table 3

Changes in participants' perceptions of the VS

Participant code	Day 0	Day 8
F001	"It does not bother me."	"It didn't bother me."
F032	"I have no concerns."	"It really didn't bother me."
F041	"I don't want to stumble over it."	"Now that I know how it works, it's not so intrusive. Initially, it seems quite intrusive, but it isn't so much."
F054	"I don't think it will bother me much." "It's true that it is rather an invasion of privacy."	"I was really aware of the cameras; there was some discomfort there, yes."
F148	"I feel comfortable, but I will keep an eye open."	"I lived with it and I was comfortable. I had no problems."
F175	"It's a little embarrassing but I trust you."	"Sure, the first day it was more embarrassing. Afterwards, you get used to it when you see that it doesn't record all the time."

Figures

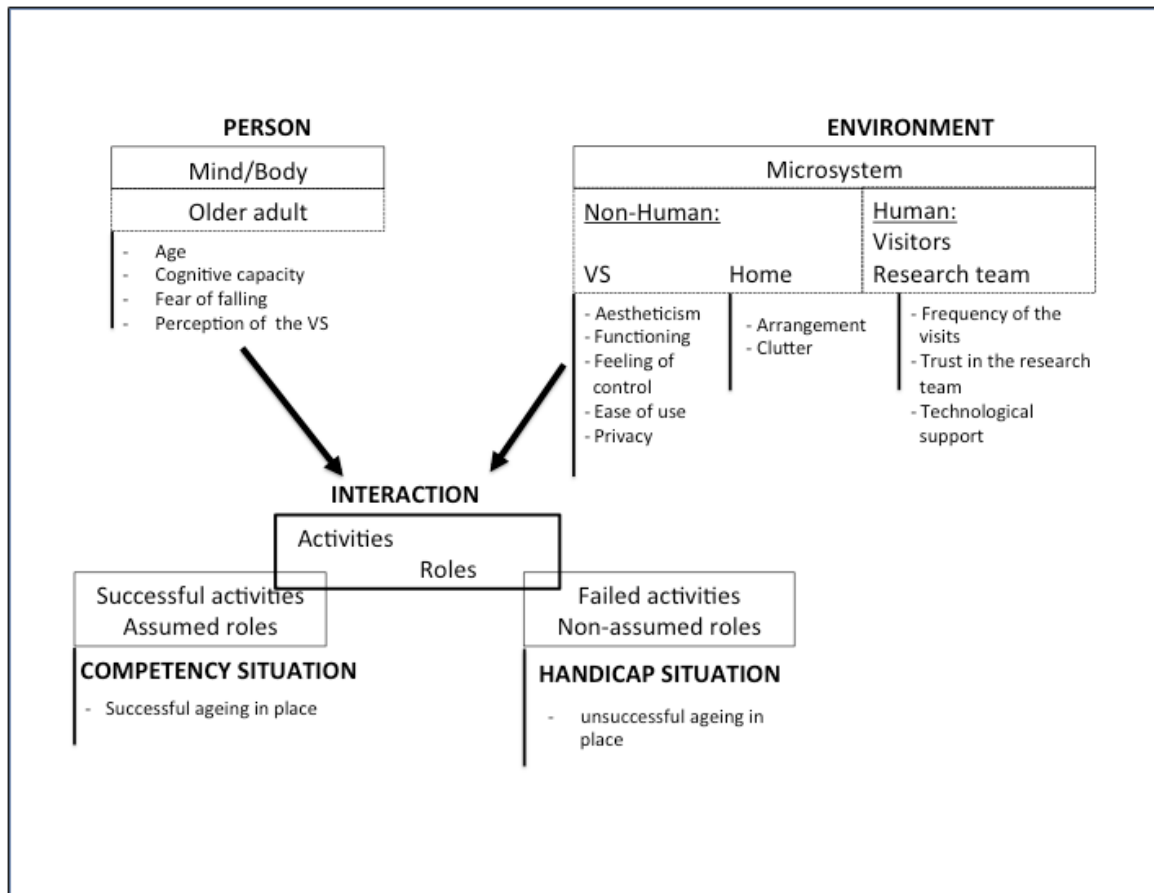


Figure 1 : Operationalization of the Model of Competence based on Rousseau et al. (Rousseau et al., 2002).



Figure 2 : Example of the VS in a participant's home.

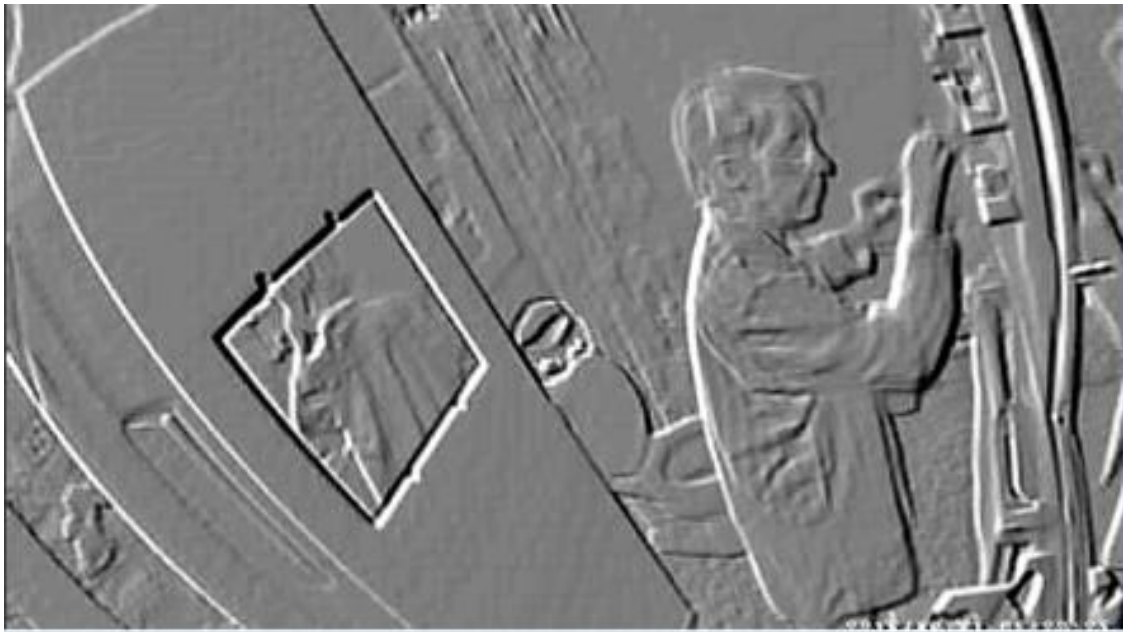


Figure 3 : Example of image processing with the AVS Video Converter© software (Online Media Technologies Ltd., s. d.).

3.5. An intelligent video-monitoring system to detect falls: A proof of concept. (article 5)

L'article correspond à l'étape 3 de la thèse et est en révision pour la revue *Journal of Enabling technology* sous la référence suivante :

Lapierre, N., Rousseau, J., St-Arnaud, A., & Meunier, J. (Under revision). An intelligent video-monitoring system to detect falls: A proof of concept. *Journal of Enabling technology*.

Le format de l'article est conforme aux normes de la revue; ses références, ses tables et figures sont présentées en fin de l'article. Pour cet article, ma contribution à titre de première auteure, sous la supervision des professeurs Jacqueline Rousseau (directrice) et Jean Meunier (codirecteur), incluait la conception de la méthodologie la collecte de donnée, leur analyse et leur interprétation puis la rédaction du manuscrit.

An intelligent video-monitoring system to detect falls: A proof of concept.

Nolwenn Lapierre

1. Doctoral candidate. Faculty of Medicine, Université de Montréal, C.P. 6128 Centre-ville, Montréal Québec H3C 3J7, Canada. School of Rehabilitation, Site Pavillon Parc. Email: nolwenn.lapierre@umontreal.ca
2. Research Center, Institut universitaire de gériatrie de Montréal (Pavillon André-Roch Lecours), 4565 chemin Queen-Mary, Montréal, Québec H3W 1W5, Canada,. Phone: (514) 340-3540 #4146. Email: nolwenn.lapierre@umontreal.ca

Jacqueline Rousseau (corresponding author)

1. Professor. Faculty of Medicine, Université de Montréal, C.P. 6128 Centre-ville, Montréal, Québec H3C 3J7, Canada. School of Rehabilitation, Site Pavillon Parc. Téléphone: (514) 343-6111#1070. Email: Jacqueline.Rousseau@umontreal.ca
2. Research Center, Institut universitaire de gériatrie de Montréal (Pavillon André-Roch Lecours), 4565 chemin Queen-Mary, Montréal, Québec H3W 1W5, Canada. Téléphone: (514) 340-3540 #3249. Email: Jacqueline.Rousseau@umontreal.ca

Alain St Arnaud

Neuropsychologist. CIUSSS de l'Est-de-l'Île-de-Montréal 5415, boulevard l'Assomption Montréal, Québec H1T 2M4, Canada.

Jean Meunier

Professor. Département d'informatique et de recherche opérationnelle, Université de Montréal, 2900 Boulevard Edouard-Montpetit, Montréal Québec H3T 1J4, Canada.

Conflict of interest

The Authors declare that there is no conflict of interest.

Acknowledgements

We would like to thank the older women for their valuable participation in the study.

Abstract

Purpose. To face the challenges raised by the high incidence of falls among older adults, the intelligent video-monitoring system (IVS), a fall detection system that respects privacy, was developed. Most fall detection systems are only tested in laboratories. The aim of this study was to test the IVS in a simulation context (apartment-laboratory), then at home.

Methodology. This study is a proof of concept including two phases: (1) a simulation study to test the IVS in an apartment-laboratory (29 scenarios of activities including falls); and (2) a 28-day pre-test at home with two young occupants. The IVS's sensitivity (Se), specificity (Sp), accuracy (A), and error rate (E) in the apartment-laboratory were calculated, and functioning at home was documented in a logbook.

Findings. For phase 1, results are: Se = 91.67%, Sp = 99.02%, A = 98.25% E = 1.75. For phase 2, the IVS triggered four false alarms and some technical dysfunctions appeared (e.g., computer screen never turning off) that are easily overcome.

Practical implications. Results show the IVS's efficacy at automatically detecting falls at home. Potential issues related to future installation older adults' homes were identified. This proof of concept led to recommendations about the installation and calibration of a camera-based fall detection system.

Value. This paper highlights the potentialities of a camera-based fall detection system in ecological conditions and supports the use of the IVS to help older adults age in place.

Keywords. Technology, Video-monitoring, Camera, Fall, Older adults, Aging in place.

Article Classification. Research paper.

Introduction

The world population is aging: older adults will represent 30% of the population of many countries by 2050 (e.g., China, Western Europe)(World Health Organization, 2015). Aging is related to an increased risk of falls (World Health Organization, 2015). A fall is defined as “inadvertently coming to rest on the ground, floor or other lower levels, excluding intentional change in position to rest in furniture, wall or other objects” (World Health Organization, 2008, p. 1). Risk of falling increases with age: 50% of community-dwelling older adults experience a fall each year after the age of 85 (World Health Organization, 2015). Falls can lead to injuries and depression (Public Health Agency of Canada, 2014; World Health Organization, 2015). They also impact family caregivers’ burden (Kuzuya et al., 2006; Zarit et al., 1980). Fall consequences are worse when the person cannot get up afterward; for example, a fall can lead to dehydration, pressure sores and loss of independence (Fleming and Brayne, 2008; World Health Organization, 2008). Furthermore, older adults often do not use their call alarms to ask for help (Fleming and Brayne, 2008). Thus, developing technologies to automatically detect falls may favor aging in place and alleviate caregivers’ burden. However, recent reviews of fall detection systems have stated that there is no outstanding technology to detect falls (Lapierre et al., 2018). Some studies have emphasized that ambient technologies (e.g., pressure sensors) could help older adults even when they forget to wear their wearable devices (e.g., alert pendant)(Mubashir et al., 2013).

In this context, the intelligent video-monitoring system (IVS) was developed with the aim of detecting falls continuously (24/7) without the need to be activated or worn by the older adult, while still respecting the person’s privacy. Based on computerized analyses, it detects falls followed by an inability to call for help or get up, as reflected in immobility after an unusual fast movement (Ariani et al., 2012; Auvinet et al., 2011; Rougier et al., 2011). An audio signal can be emitted in the room to inform the older adult that an alert (e-mail) was sent immediately to a caregiver. Using a password, the latter can receive an image of the older adult and check on him/her. If the person does not fall, no one can access the images. With the older adult’s consent, the IVS records video from a few seconds prior to the fall to document its causes. To respect privacy, the IVS functions in a closed circuit, records only when a suspicious event is detected, and offers image processing to blur the video images (Figure 1).

Insert Figure 1

Previous studies of the IVS explored the perceptions and receptivity of older adults and informal caregivers. They were in favor of the IVS (older adults: 92%, $n=23/25$; informal caregivers: 83.3%, $n=15/18$) and expressed needs and preferences regarding its functioning, which were considered for this project (Lapierre et al., 2015; Londei et al., 2009). Health professionals and home care services managers ($n=31$) have been consulted; they also identified advantages related to the use of the IVS and potential positive impacts on their practices (Lapierre et al., 2015). To test the IVS, stunt actors simulated falls in a controlled environment (laboratory)(e.g., optimum luminosity); these tests showed the system to have a sensitivity and specificity of 95% to 100% (Auvinet et al., 2011; Rougier et al., 2011). These conditions are different from older adults' homes; thus, validating the technology in ecological conditions is necessary before it is implemented in homes (Atoyebi et al., 2015).

Few ambient technologies (not worn by the person; e.g., motion sensors) have been evaluated at home, mainly because of the complexity and variability of the home context (Lapierre et al., 2018; Reeder et al., 2013). Such technologies (e.g., camera-based fall detection systems) were tested in apartment-laboratories or apartments and highlighted issues related to the ecological context (e.g., adapting the technology to monitor the entire home) (Ariani et al., 2012; Chen et al., 2014; Lapierre et al., 2018; Stone and Skubic, 2015). Despite these difficulties, camera-based technologies have shown their potential efficacy in real-life contexts (Bian et al., 2015; Parra-Dominguez et al., 2015). In those studies, though, the technology was tested in a limited space: for example, the simulations in the study by Bian et al. (2015) were performed in a single bedroom; Parra-Dominguez et al. (2015) tested their technology in stairs. This raises doubts about their effectiveness in broader contexts (e.g. an entire home).

The theoretical model framing the development and testing of the IVS for community-dwelling older adults is the Model of Competence (Rousseau et al., 2002). This model describes the person-environment interactions with six concepts: (1) the person (older adult) and (2) the human (caregiver) or non-human environment (house, technology) interact through two concepts: (3) the activity (e.g., walking) and (4) the role (e.g., care recipient); these interactions can lead to (5) the competency situation (walking without falling) or (6) the handicap-creating situation (falling and not being able to get up)(Londei et al., 2009). Based on this theoretical framework, the study aims to test the IVS in a simulation context (apartment-laboratory) and then at home.

Methods

As a proof of concept, this study investigates the IVS's functioning in two phases: (1) a simulation study in a controlled environment (apartment-laboratory), then (2) a pre-test at home. The project was accepted by the research ethics committee at XXX [blinded for revision].

Phase 1: Simulation study

Research design and research question

This simulation study (Cheng et al., 2014) was performed in an apartment-laboratory to test the IVS. The research question was “What is the IVS's efficacy in detecting falls in an apartment-laboratory?” The objectives were (1) to test the technical aspects of the IVS, and (2) to assess its ability to detect falls among various activities in an apartment-laboratory.

Settings

The experiment took place in the apartment-laboratory at the XXX's research center [blinded for revision]. It is similar to an apartment and has three rooms: bedroom, living room with open kitchen, and bathroom (Figure 2).

Insert Figure 2

Since the apartment-laboratory did not have a corridor, the corridor of a home (Figure 3) was also used to test the IVS in a narrow space.

Insert Figure 3

The multidisciplinary team (the coauthors)(who have expertise in rehabilitation, gerontology and image processing) planned the IVS installation based on pictures and sketches of the apartment-laboratory.

Equipment

The IVS includes four elements: (1) a camera (ELP-USB130 W01MT-BL28IR©) with infrared lighting (≥ 1 /room; CAN\$64.50/camera); (2) a telescopic rod to support the camera (CAN\$15/rod). (3) Each camera was connected to a Dell Latitude E6230© laptop using Windows 10© (CAN\$400/computer); on each computer, iSpyConnect© (open source camera security software, free) and Mathematica© (software to complement iSpy, CAN\$350/license for multiple computers) were installed. (4) A WiFi connection transmitted alerts. If necessary, an infrared projector (CAN\$30/projector) was added because the camera's embedded infrared lighting has a range of 3 meters. The frame rate of the camera was set to 5 frames per second and motion detection was based on the comparison of the last frame and the current frame.

A calibration phase was necessary for iSpy parameters that depend on environmental factors (e.g., the room's size and lighting) and the person simulating the falls (e.g., height, weight, walking speed). This phase involved series of trials and errors to determine the optimum thresholds for each parameter. For each system, a gain (movement amplification parameter) of 10 was chosen, the process interval (reducing the computer workload) was every 2 video frames, the distinct alert interval (to prevent multiple alerts during a single fall event) was set at 10 seconds (no repeated alerts for 10s); so was the buffer (recording time before the fall to document its causes). The maximum recording time for the videos was set at 10 seconds; the minimum recording time was 0 seconds, as was the inactivity record (recording after the fall). Values chosen for the trigger range of movement detection are presented in table 1. These values correspond to the minimum and maximum thresholds (percentage of pixels changing between two frames) for unusual motion detection (e.g., fall). The first threshold is used to detect fast motion typically encountered when a fall occurs, while the second threshold allows sudden illumination changes (e.g., when lights are turned on/off) causing major changes in the image to be ignored. These values need to be adjusted to avoid false alarms. If an unusual event is detected, an immobility detection phase is launched by the IVS to confirm the fall (and send an alert) with a threshold set to 4% (immobility is assumed if less than 4% of the pixels change between frames). Finally, specific rectangular detection zones are selected during the calibration. This allows some areas (e.g., TV, windows) to be ignored and adjusts the sensitivity of other areas (e.g., depending on the distance to the camera) to prevent false alarms.

Insert table 1

Participants

One student (occupational therapy) simulated older adults' activities and falls; another one (aging sciences) simulated the caregiver receiving the alert.

Scenarios

Activities and falls were simulated through scenarios based on the Home Assessment of Person-Environment Interaction (HOPE), an assessment tool for analyzing the Person-Environment interaction (Rousseau et al., 2013). Each scenario was broken down into operations (actions) as defined in HOPE (Rousseau et al., 2013). Each scenario (tables 2 to 6) was simulated, from the fall to the receipt of an alert by the caregiver on a smart phone or computer. The option of recording the seconds prior to the fall to document its causes was also tested. To simulate falls, the participant fell on a mattress.

Insert tables 2 to 6

Procedure

For each scenario tested, one participant simulated the activity and the other one checked the IVS on the laptop and completed an Excel grid to collect data about the IVS functioning.

Data collection

The Excel grid gathered the following variables:

- position of the system (height of the cameras, pictures of the setting).
- true positives (TP): real fall detected.
- false positives (FP): normal activity detected as a fall.
- true negatives (TN): normal operation not detected as a fall.
- false negatives (FN): undetected fall.
- quality of the image sent with the alert: satisfactory quality would be an image that provides enough information to document the state of the individual after a fall; unsatisfactory

would be an image that does not provide enough information to document the state of the individual after a fall.

- quality of the video recorded in case of a fall: satisfactory quality would be video that provides enough information to document the circumstances of the fall; unsatisfactory quality would be a video that does not provide enough information to document the circumstances of a fall.

During the experiment, a logbook was completed to document potential technical problems with the IVS (Creswell, 2009).

Analysis

The quality of the image sent with the alert and the recorded video images were described in relation to the luminosity and setting of the IVS. Data from the Excel grid were used to calculate sensitivity (Se) and specificity (Sp) as follows: $Se = TP / (TP + FN)$, and $Sp = TN / (TN + FP)$; the accuracy (A) and the error rate (E) were calculated as follows: $A = (TP + TN) / (TP + TN + FP + FN)$, and $E = (FP + FN) / (TP + TN + FP + FN)$.

Phase 2: Pre-test at home

Research design and research question

To evaluate how well the IVS functions at home, in order to solve potential technical problems before its implementation with older adults, and answer the question: “how would the IVS respond to an implementation at home?”, a pre-test was conducted at a home according to a descriptive design. The objectives were (1) to test the technical aspects of the IVS over an extended period at home (28 days), and (2) to assess the IVS’s stability when it is activated full-time.

Settings

The IVS was installed in four rooms: bedroom, living room, kitchen and corridor. The plan of the apartment is presented in Figure 3. As in phase 1, the IVS installation was planned with the multidisciplinary team, based on pictures and plans of the home.

Equipment

The same material as in phase 1 was installed in the home, with an infrared projector completing the set-up in the bedroom. Before the installation, some Windows functionalities were configured: (1) the automatic updating of Windows was canceled to avoid interference with the IVS, (2) sleep mode was canceled, and (3) the computer screen was configured to switch off after 15 minutes of inactivity. The calibration was the same as in phase 1, except for the movement detection trigger ranges (table 1). Each day, the IVS sent an e-mail to confirm that it was active.

Participants

The IVS was installed in the home of two healthy young adults.

Procedure

The system was installed for 28 days. When participants received visitors, the system was manually switched off to respect the visitors' privacy.

Data collection

During the experiment, the co-author kept a daily logbook to document the strengths and limitations of the IVS installation, technical aspects (e.g., 10-second recording before falls), alerts, and the receipt of the daily e-mails sent by the system to confirm that it was active.

Analyses

Descriptive analyses (qualitative and quantitative) were performed on data from the logbook (e.g., false alerts were counted and described).

Results

Phase 1: Simulation

Installation

Each camera installation (n=1/room) was planned to provide the best angle of view to capture all the simulated activities while minimizing the shadows created by lamps and natural light. Locations in front of the window and also at an angle perpendicular to the person's trajectory were chosen (Figure 4).

Insert Figure 4

An infrared projector completed the set-up (in the bedroom), to enable detection in areas not covered by the cameras' infrared system. On average, the time needed to install the equipment for each system was 5 minutes; the calibration lasted an average of half an hour per IVS.

Fall detection

A total of 114 operations (actions), including 12 falls, were simulated (tables 2 to 6). The results for fall detection are presented in table 7.

Insert table 7

The undetected fall was in front of the bed at night (scenario 7). The activity falsely detected as a fall was walking toward the bathroom door (scenario 10).

Image quality

The quality of the images sent by e-mail with the alert (Figure 5) was satisfactory regardless of luminosity or the room in which the fall occurred.

Insert Figure 5

The 10 seconds before each fall were video-recorded for 11 out of 12 falls; the missing video corresponded to the false negative. A video was also recorded for the false positive, which occurred in the bathroom. All video-recordings are satisfactory as they made it possible to identify the causes of the fall (e.g., stumbling).

Phase 2: Pre-test at home

Installation

As in phase 1, the IVS installation (n=1/room) minimized shadows and maximized the view of activities; an infrared projector was installed in the bedroom. Installing the IVS equipment at home took an average of 3 minutes per IVS. Setting all the parameters took 3 hours, 15 minutes for the four systems.

False alarms

After the calibration, four false alarms were sent, all from the bedroom. They were due to large movements in front of the window on a particularly sunny day, which caused moving shadows in the room. The images sent with the alert enabled to understand that they were false alarms, as the person was clearly standing up. Otherwise, even with two persons in the room, no false alarm was triggered.

General operation: what worked well and what did not

There was no issue regarding the e-mails to confirm that the IVS was active. Likewise, the deactivation of both the computer sleep mode and the IVS (when there were visitors in the home) worked well.

However, some issues arose regarding the switching off of the computer screens, the audio signal when an alert was triggered and the 10-second recording before falls. In the bedroom, the computer screen did not switch off when it was not used for 15 minutes, as programmed; after the system was restarted, the problem was solved. Regarding the audio signal

to inform the user that an alert had been triggered, a manual error when configuring the system prevented the audio signal from working; the issue was easily resolved by reprogramming the feature. Finally, the system needed to be taken down for a few days because 10-second video images were incorrectly recorded each time an unusual movement was detected, even if it was not followed by immobility (confirming a fall). Thus, videos were recorded without a triggered alert; this is due to a setting error.

Discussion

This study enabled us to investigate the IVS's functioning in two contexts (apartment-laboratory and home). It constituted the necessary proof of concept to validate the technology and solve technical problems before it is implemented to help home-dwelling older adults at risk of falling.

Efficacy

The IVS's performance in the apartment-laboratory ($A=98.25\%$) and at home ($FP=4$) was consistent with its performance in a controlled environment (laboratory with optimum luminosity) where Se and Sp were 95% to 100% (Auvinet et al., 2008; Rougier et al., 2011). Its performance was also similar to that of other ambient systems tested by simulation such as a passive infrared and pressure mat sensors system developed by Ariani et al. (Ariani et al., 2010) (e.g., $Se=100\%$, $Sp=66.67\%$, $A=90.91\%$). It also performed similarly as a camera-based system, which obtained the following results when tested with four young adults in a 16 m² bedroom: $Se=95.8\%$, $Sp=100\%$, $A=97.9\%$, $E=2.1\%$ (Bian et al., 2015). This suggests that the IVS is a promising technology for fall detection, based on its Se (91.67%), Sp (99.02%) and A (98.25%).

Both phases, enabled us to identify factors influencing the IVS's performance in more realistic contexts. First, room size has an impact on fall detection: in the apartment-laboratory, the only false positive occurred in the smallest room (bathroom). In a small room, people move around closer to the camera; therefore, their movements are perceived as larger than in bigger rooms, increasing the risk of detecting unusual movements. Thus, further research on fall detection in small spaces is needed, especially for falls in bathrooms, which are often smaller rooms and where falls are more likely to injure older adults (Stevens et al., 2014). Second, luminosity influences the IVS's performance: the only false negative occurred in darkness; the

infrared light in the cameras may have not been sufficient to consider the fall as an unusual movement. Furthermore, an infrared projector was needed in bedrooms to detect falls at night far from the cameras because the infrared lights embedded in the cameras could not cover the whole room. Thus, complementary infrared lighting must be considered for night-time fall detection. In contrast, contrary to the warning in the literature (Ariani et al., 2012), changes in luminosity in a room (e.g., switching the light on and off) did not generate false alarms. Directed lights (i.e., non-diffuse light) created shadows during the calibration phase, which led to false alarms but did not lower the efficiency once the calibration was adjusted. Thus, when implementing camera-based fall detection, the higher value of the trigger range for movement detection should consider strong variations in luminosity and cameras must be installed above windows to reduce the shadows perceived by the cameras. Likewise, partial occlusion did not hinder fall detection (scenarios 8, 9, 15 and 24), which is not consistent with the literature (Stone and Skubic, 2015) and encourage the use of camera-based technologies to detect falls at home.

Image quality

The quality of the images sent with the alert was satisfactory as they enabled the alert recipient to check on the person's status after a fall, which responds to user requests (Lapierre, et al., 2015; Londei et al., 2009). Contrary to some previous research (Debard et al., 2012), the quality of the video images was satisfactory and the spatial distortion due to the wide angle was minimal and did not hinder the IVS, even with low-cost cameras. In near-infrared luminosity (e.g., scenario 20), the quality was still satisfactory, which differs from the study by (Debard et al., 2012), which found that the quality of the images recorded at home was low. As mentioned in previous studies, the color of the images was not reliable, but that did not interfere with the exploration of fall causes in the video images (Debard et al., 2012). Thus, low-cost cameras are adequate to detect falls and document their causes. Our results highlight the potential for an inexpensive system (using low-cost cameras and open source software) to detect falls.

Pre-test

The pre-test at home, over an extended period of time (28 days), revealed technical difficulties that did not occur during the simulation phase (e.g., when an alert was triggered the audio signal was not heard). This shows that laboratory testing for fall detection technologies

meant to detect falls for a long and continuous period of time (all day, every day, for many weeks) is not enough before they are installed at older adults' homes. The proof of concept must include an extended pre-test at home with participants at no risk of falling to solve any technical issues before the system is used with the target population (older adults).

Although the testing did not focus on the acceptability of the IVS, some aspects based on the pre-test are relevant. First, the presence of cameras was accepted; this is consistent with the literature mentioning that months-long recording is accepted by older adults (Debard et al., 2012). Moreover, visitors did not notice the cameras. This suggests that the IVS may be used at home to detect falls without stigmatizing older adults and impairing their social life.

Recommendations

This proof of concept study has generated some recommendations for developing new technologies. These recommendations are presented according to the theoretical model (Rousseau et al., 2002) and are related to (1) the person, (2) the environment, and (3) the person-environment interaction.

Person. The fall detection technology proof of concept in this study is specific to a fall resulting in an inability to stand afterward, which translates as an unusual fast movement followed by immobility (Rougier et al., 2011). Thus, the IVS should be used with older adults who have experienced this type of fall. Moreover, the IVS must be adapted to the person's characteristics: for example, the choice of trigger range must consider the person's size (a smaller person will need a lower threshold to detect the unusual movement).

Environment. To avoid false alarms, consideration of the movement of environmental components (e.g., opening doors) is fundamental: detection zones were removed or minimized in areas where an object was likely to move. Regarding the location of the system, despite a privacy concern related to cameras in the bathroom, we chose to test the IVS's performance in that space because older adults often fall in the bathroom and request monitoring there (Debard et al., 2012; Londei et al., 2009). Wearable fall detection devices usually cannot be used in the bathroom because water can damage them or the person does not want (or forgets) to wear them, so ambient fall detection systems like the IVS are particularly useful. Moreover, in choosing the location of the

system, it is important to avoid shadows and reflections of the infrared light while minimizing occlusion.

Person-environment interaction. Person-environment interactions should be considered when installing the IVS at home: detection zones for unusual movement should be chosen according to the person's activity (e.g., defining detection zones in areas where the person often walks around). Finally, to facilitate fall detection, the optical axis of the camera must be perpendicular to the individual's path.

Strengths and limitations. One limitation of our study is that the IVS was not tested in a cluttered environment. Nevertheless, four scenarios involved a partial occlusion of the person (e.g., by a sofa). Another limitation is that our scenarios did not involve the use of walking aids; however, our fall detection logic is based on an unusual movement followed by immobility, thus the use or non-use of a walking aid will not affect fall detection: calibration of the movement thresholds would make it adaptable to their use. Finally, the IVS was tested with healthy young adults; older adults have different walking patterns, which may lead to different results. However, the research team conducting both phases was familiar with older adults' specificities (expertise in gerontology and home care), ensuring that the scenarios were representative.

One strength of our study is the consideration of different initial positions before the falls (e.g., sitting, leaning, standing), which was recommended by a previous study (Debard et al., 2012). Although this study did not test the IVS with participants of various ages, sexes, sizes and walking speeds, it was tested in more scenarios than previous studies, which allowed various environmental factors (e.g., luminosity) to be taken into account (Ariani et al., 2010). Moreover, scenarios were developed using the HOPE (Rousseau, 2013), which enabled us to expose the IVS to an exhaustive list of activities and to break scenarios down into operations (actions) for a rigorous assessment of the IVS's efficiency.

Conclusion

This study showed that the IVS is efficient at detecting falls both in a simulation context and at home. The results of this proof of concept revealed the IVS's potential to help older adults to age in place. The study led to recommendations on how to install and calibrate the IVS in order

to facilitate its functioning in ecological conditions. However, studies involving older adults are needed to prove its efficacy with this population. Thus, future research will involve the use of the IVS to detect community-dwelling older adults' falls at home.

Funding

This project was funded by the XXX [blinded for revision].

The first author (doctoral candidate) received scholarships from the XXX [blinded for revision] and the XXX [blinded for revision].

References

- Ariani, A., Redmond, S.J., Chang, D. and Lovell, N.H. (2010), "Software simulation of unobtrusive falls detection at night-time using passive infrared and pressure mat sensors", Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2010 Annual International Conference of the IEEE, IEEE, pp. 2115–2118.
- Ariani, A., Redmond, S.J., Chang, D. and Lovell, N.H. (2012), "Simulated unobtrusive falls detection with multiple persons", IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Vol. 59 No. 11, pp. 3185–96.
- Atoyebe, O.A., Stewart, A. and Sampson, J. (2015), "Use of Information Technology for Falls Detection and Prevention in the Elderly", Ageing International, Vol. 40 No. 3, pp. 277–299.
- Auvinet, E., Multon, F., A St-Arnaud, Rousseau, J. and Meunier, J. (2011), "Fall detection with multiple cameras: An occlusion-resistant method based on 3D silhouette vertical distribution.", IEEE Transaction on Information Technology in BioMedicine, Vol. 15 No. 2, pp. 290–300.
- Auvinet, E., Reveret, L., St-Arnaud, A., Rousseau, J. and Meunier, J. (2008), "Fall detection using multiple cameras", Conference Proceedings: ... Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society, Vol. 2008, pp. 2554–7.
- Bian, Z.P., Hou, J., Chau, L.P. and Magnenat-Thalmann, N. (2015), "Fall detection based on body part tracking using a depth camera", IEEE Journal of Biomedical & Health Informatics, Vol. 19 No. 2, pp. 430–9.
- Chen, K.-Y., Harniss, M., Patel, S. and Johnson, K. (2014), "Implementing technology-based embedded assessment in the home and community life of individuals aging with disabilities:

- a participatory research and development study”, *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, Vol. 9 No. 2, pp. 112–120.
- Cheng, A., Auerbach, M., Hunt, E.A., Chang, T.P., Pusic, M., Nadkarni, V. and Kessler, D. (2014), “Designing and Conducting Simulation-Based Research”, *PEDIATRICS*, Vol. 133 No. 6, pp. 1091–1101.
- Creswell, John W. (2009), *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, 3rd ed., SAGE Publication Inc, Thousand Oaks.
- Debard, G., Karsmakers, P., Deschodt, M., Vlaeyen, E., Dejaeger, E., Milisen, K., Goedemans, T., et al. (2012), “Camera-Based Fall Detection on Real World Data”, in Dellaert, F., Frahm, J.-M., Pollefeys, M., Leal-Taixá, L. and Rosenhahn, B. (Eds.), *Outdoor and Large-Scale Real-World Scene Analysis*, Vol. 7474, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 356–375.
- Fleming, J. and Brayne, C. (2008), “Inability to get up after falling, subsequent time on floor, and summoning help: prospective cohort study in people over 90”, *BMJ: British Medical Journal (International Edition)*, Vol. 337 No. 7681, pp. 1279-1282 4p.
- Kuzuya, M., Masuda, Y., Hirakawa, Y., Iwata, M., Enoki, H., Hasegawa, J., Izawa, S., et al. (2006), “Falls of the elderly are associated with burden of caregivers in the community”, *Int J Geriatr Psychiatry*, Vol. 21, pp. 740–5.
- Lapierre, N., Carpentier, I., St-Arnaud, A., Ducharme, F., Meunier, J., Jobidon, M. and Rousseau, J. (2015), “Videosurveillance intelligente et detection des chutes: perception des professionnels et des gestionnaires: Intelligent videosurveillance and falls detection: Perceptions of professionals and managers”, *Canadian Journal of Occupational Therapy*, available at: <https://doi.org/10.1177/0008417415580431>.
- Lapierre, N., Neubauer, N., Miguel-Cruz, A., Rios Rincon, A., Liu, L. and Rousseau, J. (2018), “The state of knowledge on technologies and their use for fall detection: A scoping review”, *International Journal of Medical Informatics*, Vol. 111, pp. 58–71.
- Lapierre, N., Proulx Goulet, C., St-Arnaud, A., Ducharme, F., Meunier, J., Turgeon Londei, S., Saint-Arnaud, J., et al. (2015), “Perception et réceptivité des proches-aidants à l’égard de la vidéosurveillance intelligente pour la détection des chutes des aînés à domicile”, *Canadian Journal on Aging / La Revue Canadienne Du Vieillissement*, Vol. 34 No. 04, pp. 445–456.

- Londei, S.T., Rousseau, J., Ducharme, F., St-Arnaud, A., Meunier, J., Saint-Arnaud, J. and Giroux, F. (2009), “An intelligent videomonitoring system for fall detection at home: perceptions of elderly people”, *Journal of Telemedicine and Telecare*, Vol. 15 No. 8, pp. 383–390.
- Mubashir, M., Shao, L. and Seed, L. (2013), “A survey on fall detection: Principles and approaches”, *Neurocomputing*, Vol. 100, pp. 144–152.
- Parra-Dominguez, G.S., Snoek, J., Taati, B. and Mihailidis, A. (2015), “Lower body motion analysis to detect falls and near falls on stairs”, *Biomedical Engineering Letters*, Vol. 5 No. 2, pp. 98–108.
- Public Health Agency of Canada. (2014), *Seniors’ Falls in Canada: Second Report.*, available at: http://epe.lac-bac.gc.ca/100/201/301/weekly_checklist/2014/internet/w14-36-U-E.html/collections/collection_2014/aspc-phac/HP25-1-2014-eng.pdf (accessed 6 April 2018).
- Reeder, B., Chung, J., Lazar, A., Joe, J., Demiris, G. and Thompson, H.J. (2013), “Testing a Theory-Based Mobility Monitoring Protocol Using In-Home Sensors: A Feasibility Study”, *Research in Gerontological Nursing*, Vol. 6 No. 4, pp. 253–263.
- Rougier, C., Meunier, J., St-Arnaud, A. and Rousseau, J. (2011), “Robust Video Surveillance for Fall Detection Based on Human Shape Deformation”, *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 21 No. 5, pp. 611–622.
- Rousseau, J. (2013), “Instrument - Évaluation à domicile de l’interaction personne environnement (ÉDIPE)”, *eValorix*, p. 78.
- Rousseau, J., Potvin, L., Dutil, E. and Falta, P. (2002), “Model of Competence: A Conceptual Framework for Understanding the Person-Environment Interaction for Persons with Motor Disabilities”, *Occupational Therapy in Health Care*, Vol. 16 No. 1, pp. 15–36.
- Rousseau, J., Potvin, L., Dutil, E. and Falta, P. (2013), “Home Assessment of Person-Environment Interaction (HoPE): Content Validation Process”, Vol. 27 No. 4, available at: <https://doi.org/10.3109/07380577.2013.843114>.
- Stevens, J.A., Mahoney, J.E. and Ehrenreich, H. (2014), “Circumstances and outcomes of falls among high risk community-dwelling older adults”, *Injury Epidemiology*, Vol. 1 No. 1, p. 5.
- Stone, E.E. and Skubic, M. (2015), “Fall detection in homes of older adults using the Microsoft Kinect”, *IEEE Journal of Biomedical & Health Informatics*, Vol. 19 No. 1, pp. 290–301.

- World Health Organization. (2008), Global Report on Falls Prevention in Older Age, World Health Organization, Geneva.
- World Health Organization. (2015), World Report on Ageing and Health, World Health Organization, Geneva.
- Zarit, S.H., Reever, K.E. and Bach-Peterson, J. (1980), "Relatives of the Impaired Elderly: Correlates of Feelings of Burden", *The Gerontologist*, Vol. 20 No. 6, pp. 649–655.

Tables

Table 1

Trigger range for movement detection (%)

		Living			
	Bedroom	room	Kitchen	Bathroom	Corridor
Apartment-laboratory	29–70	22–70	40–70	40–70	N/A
Home	33–70	22–70	40–70	N/A	47–65

Table 2

Scenarios and operations in the bedroom

Scenario	Operations		Luminosity
	n	Details	
1	7	(1) walk, (2) switch on light, (3) undress, (4) grab clothes from dresser, (5) walk toward bed, (6) get into bed, (7) switch off light	intense changes in luminosity
2	7	(1) walk, (2) switch on bedside light, (3) undress, (4) grab clothes from dresser, (5) walk toward bed, (6) get into bed, (7) switch off bedside light	moderate changes in luminosity
3	4	(1) walk, (2) open curtains, (3) sweep floor (4) make bed	dark room, then natural light.
4	3	(1) get out of bed, (2) walk, (3) open the door	dark room (night)
5	3	(1) get out of other side of the bed, (2) walk, (3) open door	dark room (night)
6	2	(1) get out of bed, (2) fall	bedside lamp switched on
7	2	(1) get out of bed, (2) fall	dark room (night)
8	2	(1) get out of other side of bed, (2) fall behind bed	bedside lamp switched on
9	2	(1) get out of other side of bed, (2) fall behind bed	dark room (night)

Table 3

Scenarios and operations in the bathroom

Scenario	Operations		Luminosity
	n	Details	
10	9	(1) walk, (2) switch on light, (3) intense changes in luminosity undress, (4) get into bath, (5) shower, (6) dry, (7) dress, (8) walk, (9) switch off light	
11	6	(1) walk, (2) use the toilet, (3) get up, (4) walk, (5) wash hands, (6) walk	ceiling light switched on
12	6	(1) walk, (2) use the toilet, (3) get up, (4) walk, (5) wash hands, (6) walk	ceiling light switched off
13	3	(1) walk, (2) comb hair, (3) walk	ceiling light switched on
14	5	(1) walk, (2) undress, (3) get into bath, (4) shower, (5) fall	ceiling light switched on
15	5	(1) walk, (2) undress, (3) get into bath, (4) shower, (5) fall	ceiling light switched off

Table 4

Scenarios and operations in the kitchen

Scenario	Operations	Luminosity
	n Details	
16	8 (1) walk, (2) cook, (3) walk, (4) sit at table, (5) eat, (6) get up, (7) walk, (8) wash dishes	natural light
17	9 (1) walk, (2) cook, (3) walk, (4) sit at table, (5) eat, (6) get up, (7) walk, (8) wash dishes, (9) walk	ceiling light switched on
18	3 (1) walk, (2) lean over to grab something, (3) fall	ceiling light switched on
19	3 (1) walk, (2) reach out to grab something, (3) fall	ceiling light switched on

Table 5

Scenarios and operations in the living room

Scenario	Operations	Luminosity
	n Details	
20	4 (1) walk, (2) sit on couch, (3) watch television, (4) get up	ceiling light off, television on
21	4 (1) walk, (2) sit on couch, (3) watch television, (4) get up	ceiling light on, television on
22	3 (1) walk, (2) lean over to grab something, (3) walk	natural light
23	3 (1) walk, (2) lean over to grab something, (3) walk	darkness, nearly night.
24	2 (1) walk, (2) fall	ceiling light switched on
25	3 (1) walk, (2) sit, (3) fall	ceiling light switched on

Table 6

Scenarios and operations in the corridor

Scenario	Operations		Luminosity
	n	Details	
26	1	walk	ceiling light switched on
27	1	walk	ceiling light switched off
28	2	(1) walk, (2) fall	ceiling light switched on
29	2	(1) walk, (2) fall	ceiling light switched off

Table 7

IVS performance								
	TP	FP	TN	FN	Se	Sp	A	E
Bedroom	3	0	28	1	75.00	100.00	96.88	0.93
Bathroom	2	1	31	0	100.00	96.88	97.06	2.94
Kitchen	2	0	21	0	100.00	100.00	100.00	0.00
Living								
room	2	0	17	0	100.00	100.00	100.00	0.00
Corridor	2	0	4	0	100.00	100.00	100.00	0.00
Total	11	1	101	1	91.67	99.02	98.25	1.75

Note: TP=true positive; FP=false positive; TN=true negative; FN=false negative; Se=sensitivity; Sp=specificity; A=accuracy; E=error rate.

Figures

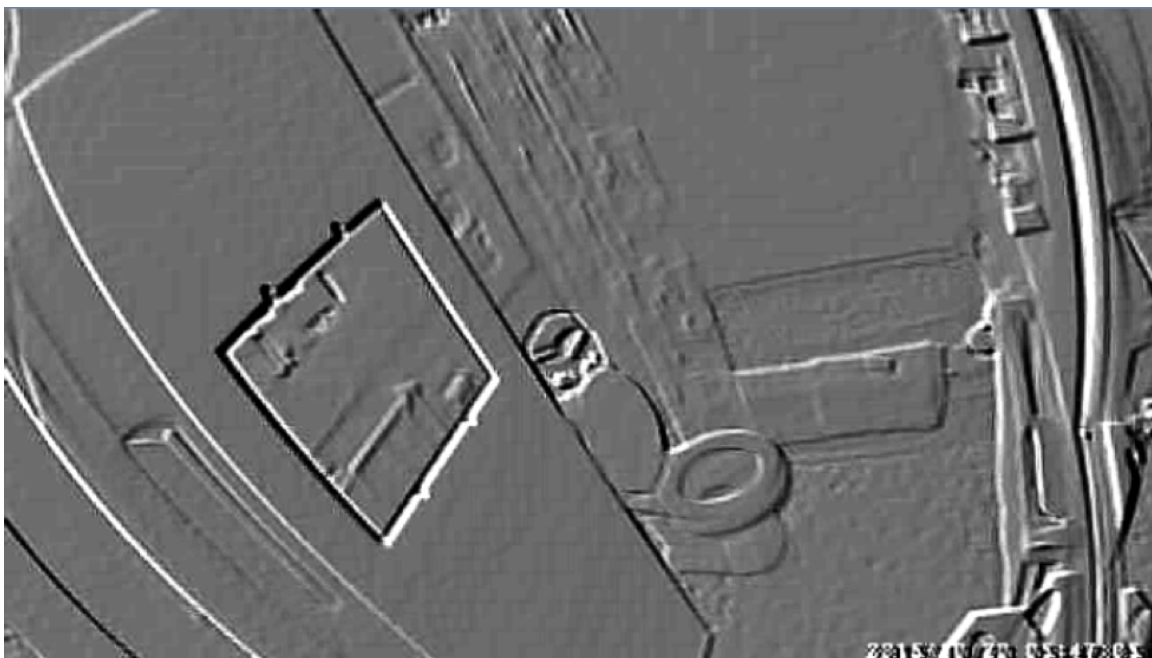


Figure 1 : Example of image processing to protect privacy in the bathroom

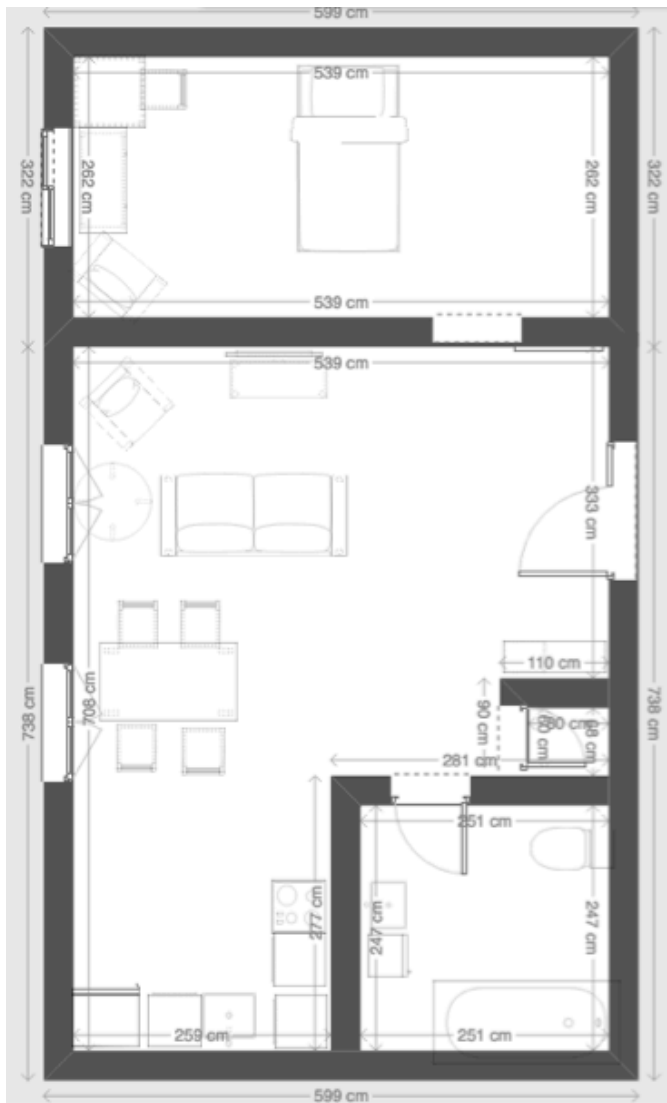


Figure 2 : Plan of the apartment-laboratory

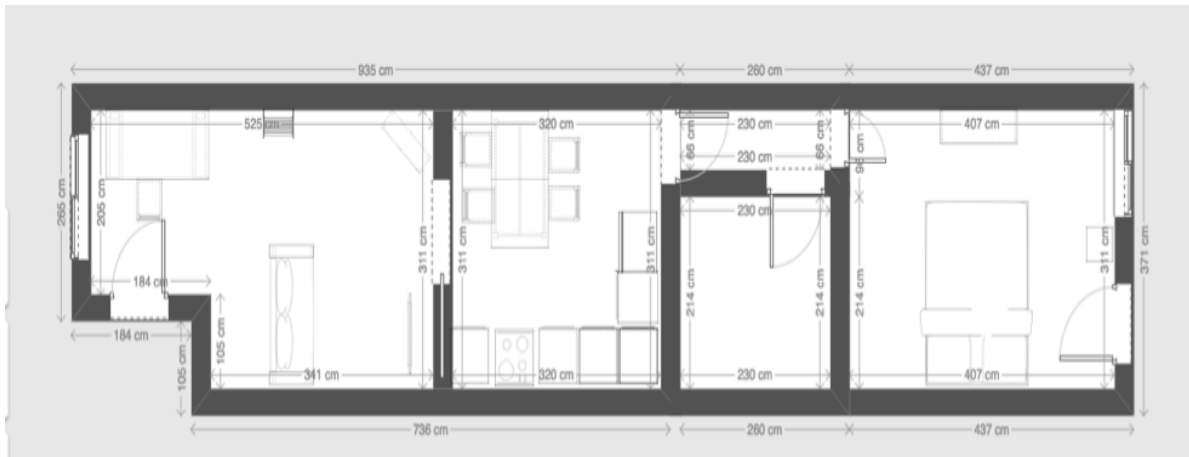


Figure 3 : Plan of the home

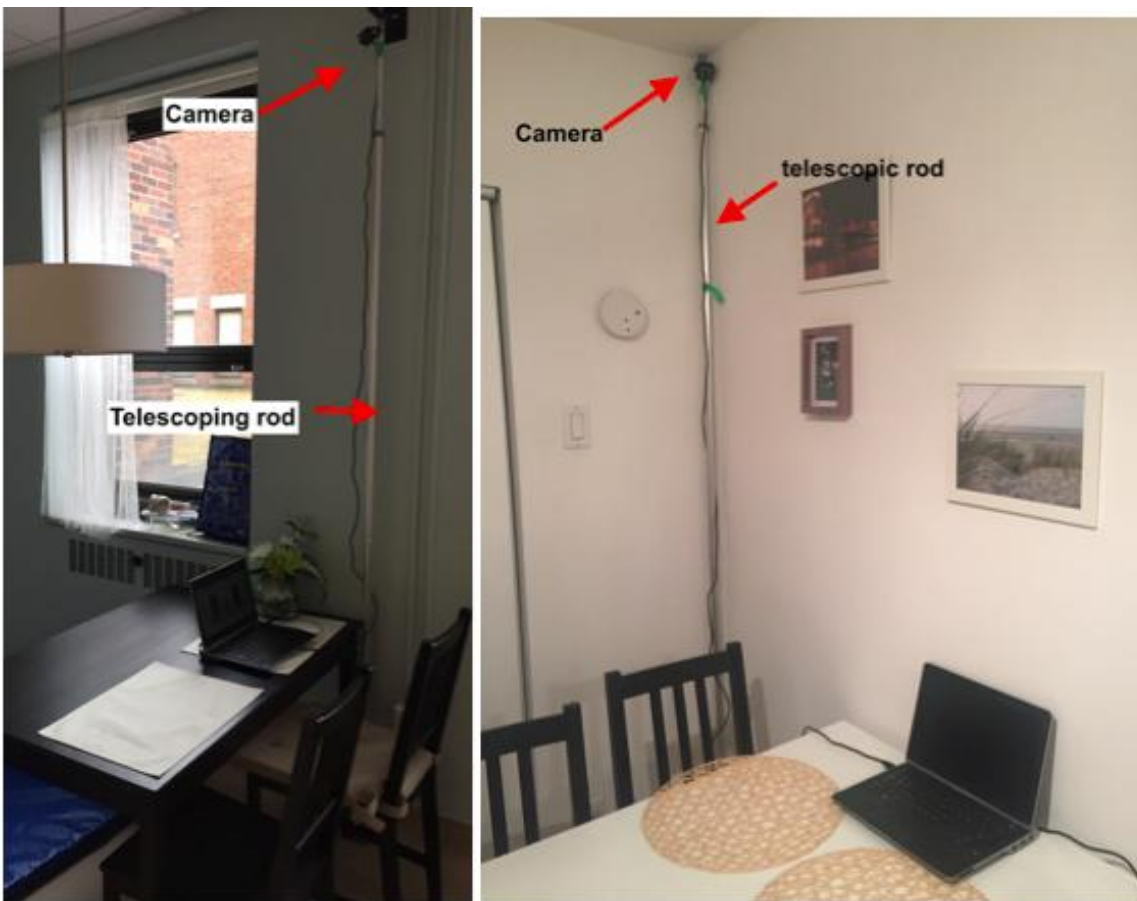


Figure 4 : Examples of IVS set-up in the apartment-laboratory (left) and the home (right)



Figure 5 : Example of an alert received by e-mail after fall detection in the bathroom

3.6. Implementing an intelligent videomonitoring system to detect falls of older adults at home: a multiple case study (article 6).

L'article correspond à l'étape 4 de la thèse et est en préparation pour soumission sous la référence suivante :

Lapierre, N., St-Arnaud, A., Meunier, J., & Rousseau, J. (En préparation). Implementing an intelligent videomonitoring system to detect falls of older adults at home: a multiple case study.

Le format de l'article est conforme aux normes de la revue visée pour la soumission de l'article; ses références, ses tables et figures sont présentées en fin de l'article. Pour cet article, ma contribution à titre de première auteure, sous la supervision des professeurs Jacqueline Rousseau (directrice) et Jean Meunier (codirecteur), incluait la conception de la méthodologie, la collecte de données, leur analyse et leur interprétation puis la rédaction du manuscrit.

Implementing an intelligent videomonitoring system to detect falls of older adults at home: a multiple case study.

Abstract

Introduction. Older adults have a high risk of falling, yet fall consequences are numerous and worsen when the adult cannot get up after the fall. Thus, the intelligent videomonitoring system (IVS) was developed to detect falls and send alerts to a caregiver. The aim of the study is to explore the implementation of the IVS at home. *Method.* An embedded multiple case study was realized with three dyads: n=3 older adults, n=3 informal caregivers. The IVS was implemented for two months at home. Before, at mid-time and at the end of the implementation, the dyad participated in semi-structured individual interviews to document their perception. Interviews were qualitatively analyzed and true positives and false positives were calculated. Variables regarding the implementation were documented (e.g. technical issues). *Results.* The rate of false alarms was 0.45 per day. Participants had a positive opinion on the IVS before and after its implementation. They all mentioned its easiness to be used and understood. However, they had suggestions to improve it (e.g. integrating more features to the system). They mentioned mainly facilitators to its implementation (e.g. not having to interact with the system); one mentioned being aware of the cameras but they all trusted the system to protect their privacy. *Conclusion.* This multiple-case study showed the feasibility of implementing IVS at home. Participants were in favor of the IVS, which encourage continuing its development and testing with larger experimental group.

Introduction.

According to the United Nations (2017), seniors (≥ 60 years old) represent 13% of the world population; they are 962 million and will be 2 billion in 2050 (United Nations, 2017). In Canada, they were nearly 6 millions in 2014 and will be 9,5 millions in 2030 (Government of Canada, 2017; Statistics Canada, 2016). In Quebec, they will represent 26% of the population in 2031 (Gouvernement du Québec, 2018). Older adults have a high risk of falls: 30% of older adults fall each year (World Health Organization, 2015). In Canada, this percentage varies between 20 and 30% (Public Health Agency of Canada, 2014). Fall can be defined as “a sudden and unintentional change in position resulting in an individual landing at a lower level such as on an object, the floor, or the ground, with or without injury” (Public Health Agency of Canada, 2014, p. 3). Fall consequences are numerous and serious (e.g. injuries, loss of independence) and can lead to death (Public Health Agency of Canada, 2014; World Health Organization, 2008). They are responsible for 85% of hospitalization for injury (Public Health Agency of Canada, 2014). They also have psychological consequences (e.g. confusion, depression). They impact the health costs (Public Health Agency of Canada, 2014; World Health Organization, 2015): the average cost of hospitalization for an older adult’s fall ranges between 664US\$ in Ireland and 17483US\$ in the US (World Health Organization, 2008). In the US, fatal and non-fatal falls cost 31.3 billion US dollars in 2015 (Burns, Stevens, & Lee, 2016). In Canada, falls cost 2 billion of Canadian dollars per year (Public Health Agency of Canada, 2014) and 370 millions of Canadian dollars per year in Quebec (Institut National de Santé Publique du Québec, 2011).

Fall consequences worsen when the older adults cannot get up after the fall (Bloch, 2015). Yet, older adults, especially the oldest ones (≥ 85 years old), frequently remain on the floor after a fall (Fleming, Brayne, & the Cambridge City over-75s Cohort (CC75C) study collaboration, 2008; Tinetti, Liu, & Claus, 1993). Remaining on the floor is significantly related to injuries, hospitalization and loss of independence (Fleming et al., 2008). Predictions of survival and hospitalization after falls improve with rapid management, thus quickly detecting fall becomes essential.

Falls also impact the informal caregivers (i.e. family caregivers); they increase their visits and phone calls to help the older adult to remain home safer despite the falls (Faes et al., 2010; Kuzuya et al., 2006; Mackintosh, Fryer, & Sutherland, 2007). Falls then become a constant worry for informal caregivers (Dow, Meyer, Moore, & Hill, 2013; Faes et al., 2010; Kuzuya et al., 2006; Mackintosh et al., 2007), contributing to their burden. Their health and economical status are also impacted by their burden (Iecovich, 2008). Thus, for older adults and informal caregivers, technologies to support aging in place become paramount (van Hoof, Kort, Rutten, & Duijnste, 2011).

Ambient technologies, namely sensors and cameras, automatically detecting falls can address this issue (Mubashir, Shao, & Seed, 2013). Most of them record data from the persons and their environment (e.g. habits) to detect an unusual event (e.g. falls). These systems enable rapid intervention after a fall but raise ethical questions because they record personal data continuously (Delahoz & Labrador, 2014; Mahmood, Yamamoto, Lee, & Steggell, 2008). The intelligent video monitoring system (IVS) addresses this issue: this camera-based system (≥ 1 camera per room) is related to a computer and Internet (WiFi) and detects serious falls (i.e. falls followed by the inability to get up) using a computerized image analysis (Rougier, Meunier, St-Arnaud, & Rousseau, 2011; Rougier, St-Arnaud, Rousseau, & Meunier, 2011). The IVS then sends an alert to the caregiver's computer, smartphone or tablet without recording personal data (Rougier, St-Arnaud, et al., 2011). The IVS functions in closed circuit: no-one can have access to the images in absence of a fall; if there is a fall, an image of the older adult after the fall can be sent with the alert, all protected by a password. This image can be processed (e.g. blurred), at the convenience of the elderly, to protect privacy (Figure 1).

Insert Figure 1

If chosen by the older adult, recording the 30 seconds before the fall to document its causes is an option; these recorded images can also be processed. An audio signal can also inform the older adult that an alert has been triggered.

The system has reached a sensibility and a sensitivity of 95-100% in a laboratory and a sensibility of 91.67% and a specificity of 99.02% in an apartment-laboratory (Lapierre, Rousseau, St-Arnaud, & Meunier, Submitted; Rougier, Meunier, et al., 2011; Rougier, St-

Arnaud, et al., 2011). Since these experimental conditions are different from the real-life context, validating the system at home with older adults at risk of fall is thus necessary (Atoyebi, Stewart, & Sampson, 2015). Previous studies had explored the perception and receptivity of potential users of the IVS: older adults, caregivers and health professionals had favorable opinions about the IVS (Lapierre et al., 2016, 2015; Londei et al., 2009). Differences seem to exist in technology acceptance between men and women: men perceived significantly more usefulness to the technology and the easiness to use the technology is more important for women than men (Goswami & Dutta, 2016; Mattila, Nyheim, & Zhang, 2014).

Few technologies have been implemented at home of older adults through multiple case studies (Chen, Harniss, Patel, & Johnson, 2014; Cuddihy et al., 2012; Gietzelt et al., 2012; Tchalla et al., 2013). These studies showed the feasibility of the technology implementation at home, but the technologies explored were different from the IVS (e.g. not only camera-based technology) and/or did not imply the informal caregiver, which can lead to different outcomes. To explore the IVS implementation at home of older adults with the informal caregiver as the alert recipient would thus address a lack in the literature.

The conceptual model framing all the work on the IVS is the Model of competence (Lapierre et al., 2016, 2015; Londei et al., 2009; Rousseau, 2017; Rousseau, Potvin, Dutil, & Falta, 2002). The model explains the person-environment interaction through six concepts: 1) the person, here the older adult at risk of falls and living alone; 2) the human environment (here the informal caregiver) and nonhuman (home of older adults and the IVS); these two concepts interact through 3) the activity, here moving around at home; 4) the role, here the care-recipient (older adult); these interactions can lead to 5) a situation of competence (moving around at home without falling) or 6) a handicap-creating situation (falling at home). This model enables to consider the specificities of the home as well as the preferences and needs of the older adult and the caregiver. Based on this model, the aim of the study is to explore the implementation of the IVS to detect falls taking into consideration the person-environment interaction.

Method

Design

An embedded multiple case study (Yin, 2014) was conducted to answer the research question: “How the implementation of the IVS can address the issue of older adults’ falls at home?”.

Participants

The target population was the dyad composed by the older adult and his/her informal caregiver. The inclusion criteria for the older adult were: 1) communicating in French; 2) ≥ 65 years old; 3) fall frequently (\geq once/month); 4) living alone in a standard high ceiling home and 5) receiving help from an informal caregiver. Exclusion criteria were 1) inaptitude to give consent; 2) having a pet at home. For informal caregivers, inclusion criteria were: 1) communicating in French; 2) ≥ 18 years old; 3) being the caregiver of a recruited older adult; 4) possessing a device (cell phone, computer, and tablet) connected to Internet.

Dyads (n=3 dyads: 3 older adults, 3 informal caregivers) were recruited among two Integrated University Health and Social Services Centres (CIUSSS) of XXX [blinded for revision]. The number of participants was chosen according to Stake’s recommendations (2013) for multiple case studies. The project was approved by the ethics committee of the XXX [blinded for revision]. During the first meeting, the informed consent was signed. Participants received a compensation (CAN\$300). Twenty-five dyads were contacted, three were included in the study (see table 1), four other older adults were admissible but their caregivers refused to participate, all of these caregivers were women (either sisters or daughters of the older adults). The other contacted dyads could not be included because the older adult was not at risk of fall.

Insert Table 1

The dyad #3 did not go through the implementation because the older adult had a cerebral vascular accident before the IVS's implementation. Thus, their participation was limited to the home evaluation and the first interview with the caregiver.

Equipment

The IVS detects serious falls based on an unusual fast movement (fall) followed by quasi-immobility (impossibility to call for help or to get up) (Lapierre, Rousseau, et al., Submitted; Rougier, St-Arnaud, et al., 2011). It is composed of a camera (ELP-USB130 W01MT-BL28IR©) with infrared lighting ($\geq 1/\text{room}$; CAN\$64.50/camera) supported by a telescopic rod (CAN\$15/rod) and connected to a Dell Latitude E6230© laptop using Windows 10© (CAN\$400/computer). Each computer is equipped with iSpyConnect© (open source camera security software, free) and Mathematica© (CAN\$350/license for multiple computers). The alerts were transmitted with a WiFi connection. The frame rate of the camera was set to 5 frames per second and motion detection was based on the comparison of the last frame and the current frame.

Procedure

For each dyad, the IVS was implemented for two months. Cameras were attached to the rod and installed in the risk zones, i.e. highly frequented zones in the home (e.g. the living room). Spatial and time exclusion zones were defined where the detecting of falls was not needed: for example, time zones when the older adults received regular visits and thus did not need the IVS to send an alert; or a spatial zone where a fall is less likely to occur: for example, a fall is less likely to happen on the bed. Otherwise, the IVS was functioning 24/7. If the IVS triggered a 30-second recording while the older adult was receiving an unplanned visit, the recording was destroyed. As the IVS worked in closed circuit, its functioning cannot be checked from a distance, thus an e-mail was automatically sent to the research team each night to confirm that it was still active (otherwise resetting was needed). According to the recommendations of the National Committee on ethics (2015), signs were installed at home to warn for the presence of cameras (Comité national d'éthique sur le vieillissement, 2015).

Before the implementation (T0), the older adults and the caregivers participated in semi-structured interviews to explore their perception of technologies and of the IVS. At T0, their home was assessed (photos, sketches and observation grid) to anticipate where to install the IVS. At the beginning of the two-month implementation (T1), the IVS was set in calibration mode for one month; during that month, the IVS did not send alerts. This month enabled to adjust the thresholds of the system and the positioning of cameras. At the beginning of the second month (T2), the IVS was turned into the detection mode; the informal caregiver then received the alerts in case of a fall. At mid-time (T3) and at the end of the implementation (T4) the dyads participated in semi-structured interviews similar to T0.

Insert Figure 1

During the implementation, if the number of false alerts were superior to the number measured during the apartment-laboratory validation, used as a reference threshold (Lapierre, Rousseau, et al., Submitted), the system was re-calibrated.

Measures

Individual semi-structured interviews (based on a guide) were performed with both, the elderly and the caregiver, at three times: before the implementation (T0), at mid-time (T3), and at the end (T4). Their sociodemographic data were collected at T0. Older adults answered a short daily phone call to check on their well-being and on the IVS. Informal caregivers kept a daily journal. One of the co-author also kept a journal to document any contextual element influencing the results. In T0 and T4, data were collected using the following instruments: 1) the Fall Efficacy Scale (FES-1) to evaluate the confidence of the older adults to avoid falls (Yardley et al., 2005); 2) the Montreal Cognitive Assessment (MoCA) (Nasreddine et al., 2005); and 3) a questionnaire inspired by the Survey of Activity and Fear of Falling in the Elderly (SAFE) (Lachman et al., 1998). For the informal caregivers, the Burden Interview (French version) (Hébert, Bravo, & Prévile, 2000; Zarit, Orr, & Zarit, 1985) was completed.

Analyses

Content analyses were realized on the qualitative interviews and the journals (Miles, Huberman, & Saldana, 2014). The code list was based on the questionnaires and the conceptual framework (Rousseau, 2017) (60 codes for the older adults' interviews, 62 codes for the caregivers' interviews). One new code was created to integrate new elements brought by participants. To validate the coding, two co-authors (NL, JR) independently coded a part of the interviews and then compared their coding. A 77.8 % agreement was reached. The principal investigator (JR) validated each data reduction step. Quantitative data from the scales and questionnaires were analyzed descriptively. To protect privacy, post-fall images were processed if requested by participants (Figure 1) as well as the optional 30-second recordings.

Regarding the IVS functioning, true positives (TP) (real falls detected) and false positives (FP) (alarm sent without a fall) were calculated based on the falls detected by the IVS and falls reported by the older adults and the caregivers. Other elements regarding the implementation and the functioning of the IVS were documented (i.e. technical issues, installation of the IVS).

Results

Results are structured as follow cases description, IVS functioning, participants' perception, evolution of participants' perceptions and implementation variables.

Case description

The socio-demographic characteristics of the three dyads included in the research project are presented in table 1. Older adults are coded A, caregivers are coded P. The older adult A001 was married at the beginning of the project, but her husband was living in a nursing home. During the project, she became a widow. The results from the scales are presented in table 2.

Insert Table 2

Due to her cataract, the participant A001 took the vision version of the MoCA (Nasreddine et al., 2005), a score of 18 or above would be considered normal in this case. Otherwise, a score ≥ 26 indicates a normal cognitive state (Nasreddine et al., 2005). Regarding the FES-I test, the maximum score is 64, a higher score indicates a higher concern about falling; the minimum score is 16 and indicates no concern about falling (Yardley et al., 2005). Finally, regarding caregivers, the maximum score of 60 indicate a sever burden; a score between 21 and 40 indicates a low burden (Zarit et al., 1985).

Dyad 1. The older adult (A001) was living in a triplex building. One of her sons was living in the first-floor apartment and her daughter and son in-law were living in the third-floor apartment. She had been living in her apartment for 53 years and insisted on her feeling of loneliness at home. She had limited her activities at home because of her fear of falling (e.g. climbing stairs, going on her garden). Even if she felt safe at home with the help of her family and formal caregivers, she did not feel confident about being able to stay home much longer. The caregiver of this dyad was one of her sons. He had a 40-minute travelling time to visit his mother. He described his role as the financial and material manager; his tasks are described in table 1. For him, his role did not involve any advantage, but he mentioned some disadvantages: dealing with his work responsibilities and his caregiver role, watching his mother's decline. The dyad could not identify precisely the cause or the frequency of the older adult's falls. The dyad mentioned some strategies to avoid falls (e.g. installing grab bars, avoiding stairs). Regarding their use of technology, the older adult was not used to them, but she had a positive opinion on them: « It's advantageous, for sure » (A001). Yet the caregiver used to have an alert system linked to a 24/7 central (Lifeline©) when his wife had health problems; he was concerned about the functioning of that alert device that uses speaker to communicate: the older adult can fall too far from it to be able to communicate with it. He was in favor of these technologies but also said « I'm interested in all technologies ». Regarding the options of the IVS, the dyad asked for a maximum coverage of the home with an image processing for the bathroom (see Figure 1). They both wanted to record the 30 seconds before the fall. The older adult did not want to hear the audio signal to inform her when an alert is triggered.

Dyad 2. The older adult (A002) was living in a residence for independent older adults. He had been living there for seven years and felt confident about staying in his home for the rest of his life. He felt safe at home but also reported having limited some of his activities because of falls (e.g. taking out the trash). The caregiver was his nephew; his travelling time to visit his uncle was 15 minutes from home. He described his status as: “I’m his... right hand (...) his extra-mobility (...)”. He identified the following advantages to his role: understanding his uncle better, feeling closer to him and being happy to help him. The disadvantage was the time-consuming aspect of his role. The older adult’s falls were related to his Parkinson’s disease. He mentioned falls being more frequent when he was tired or forgot his medication. The participant (older adult) had developed strategies (from martial arts) to roll or rebound after a fall and get up easier and had always been able to get up after the falls. His multiple falls had led him to install grab bars at many places in home. The caregiver calls him 2-3 times/week to make sure he was not injured. Regarding their use of technologies, the older adult was using an alert system related to a 24/7 central (Lifeline©) and used reminders for his pills. He was satisfied with them. His caregiver felt his uncle was not able to use much technologies but still thought that these assistive technologies were « very helpful » (P002) and thought that it could save lives. Yet, he was concerned about the cost of technologies, especially the alert device. The IVS’s options they choose were similar to dyad 1 except that they choose not to cover the bathroom and not to process the images sent in an alert.

Dyad 3. The older adult (A003) was living in a residence for older adults with support services. As the older adult had to withdraw from the project, the data regarding her profile are missing. Her caregiver was her brother; his travelling time to visit her was 45 minutes. He described his status as natural, not an obligation. He did not identify any disadvantage to his role. The advantage for him was ensuring that his sister had a pleasant life. The dyad could not define precisely the cause or the frequency of the falls and had developed strategies to avoid them or react after a fall (e.g. not trying to get up after a fall). They were using an alarm device embedded in the walls of the room to call for the nurse in case of an emergency; however, the older adult did not think about using it after a fall, she preferred calling her brother by phone. The installation for dyad 3 did not happen because the participant had to withdraw from the project.

IVS functioning

The IVS's installation was discussed with the multidisciplinary team based on the plan and the picture of participants' home. For dyad 2, the camera of the kitchen system had to be moved because it refrained the older adult when moving around his bed (located aside the kitchen). The installation took in average 3 hours and twenty-five minutes. An example of the installation of the IVS is presented in Figure 2.

Insert Figure 2

The two older adults were able to get up quickly after a fall. As the IVS detects only serious falls (i.e. falls followed by quasi-immobility), no true positive occurred. In dyad 1, after the calibration of the IVS in the bathroom, living room and bedroom, 48 false alarms in 27 days occurred. The calibration could not be achieved in the kitchen: sudden changes on both luminosity and movement patterns were too frequent (e.g. fast walking generating fast shadow movements followed by immobility while looking for something in the cupboard). In dyad 2, after the calibration no false alarm occurred within 30 days in the bedroom. The calibration could not be achieved in the kitchen and the living room for the same reasons as for case 1. The caregiver asked to receive the alerts from the living room even if the calibration was not successful in order to have a better appreciation of the type of alerts. Details of false alarms per room after the calibration are presented in Table 3.

Insert Table 3

Across cases, the mean of false alarms emitted by system was 0.45/day. Most of false alarms were due to frequent changes of luminosity and shadows around the room. For every false alarm, the image sent with the alert enabled to see if the older adult was on the floor or not. An example of the false alert sent is presented in Figure 3.

Insert Figure 3

As no true positive occurred, the 30-second videos recorded were all generated for false alarms and thus were destroyed. For dyad 1, one of the sons (living in the apartment under the older adult's one) reported that the Internet has not been working well since the

beginning of the implementation. In addition, a Windows 10 (operating system) updating also appeared to interfere with the system and led to the resetting of the IVS.

Participants' perceptions

Before the implementation (T0), participant A001 said she understood the IVS functioning and had a positive opinion on it. She had no worry regarding the IVS and was expecting it to enable her to have help in case of a fall. Likewise, after asking few questions (e.g. “If you see on the image that it’s not a fall, how do we manage that?”) her caregiver understood the IVS functioning. He also had a positive opinion on the IVS and was enthusiastic to participate, but he was skeptical on its efficiency. His expectations were to collect information on his mother’s falls and not to receive too many false alarms.

For dyad 2, the older adult appeared to understand well the IVS and had questions regarding its functioning (e.g. “If there is no fall, the image is destroyed?”). He had no worries regarding his privacy and explained it: “ it’s my privacy, but I have nothing to hide” (A002). His concerns were related to his nephew, he worried he would have to check the alert on his phone while driving. His main expectation regarding the IVS was to provide information on how to better adapt his home and avoid future falls. His caregiver did not mention any incomprehension toward the IVS and also had a positive opinion on the IVS. He expected it to be more cost efficient than the current alarm system of his uncle, as he explains:

(...) because you don’t have to ask like an ambulance you know. Because in the Life Savor [Lifeline©] you know they may send an ambulance and it’s gonna cost. Maybe it’s a false alarm or something and they’re gonna send an ambulance so it’s gonna cost more money just to send an ambulance somewhere. With this program, if I come you know, it won’t cost that much you know. It’s gonna be more efficient I would say (...).

The caregiver of dyad 2 also expected the system to be time efficient because the alert will automatically be sent to him, which may become especially helpful when his uncle become older.

For dyad 3, only the perception of the caregiver could be explored. He felt the functioning of the IVS was easy to understand: “I think it’s very simple. It’s (...) very user-friendly as we say (...)” (P003). He had no apprehension regarding the IVS and expected it to give answers on the circumstances of his sister’s falls. So he had a positive opinion on the IVS.

Evolution of participants’ perceptions

The evolution of the dyads and their opinions on the IVS during the implementation is presented in table 2. At the end of the experiment, the older adult of dyad 1 (A001) mentioned finding the IVS easy to use “because (...) I don’t touch it and everything goes well” (A001). Her opinion remained good and she explained: “I’m very happy with the system, because I’m alone at home (...)” (A001). She said she was feeling safer with the IVS and mentioned that having the cameras at home led her to be more careful. Her caregiver felt the IVS was easy to understand. He raised the technical issues encountered (i.e. impossibility to calibrate the IVS in the kitchen) and wondered if the technology was appropriate. Despite this, he had a positive opinion on the IVS and explained:

The cameras were perfect. We see her [his mother] on the floor, we call her, if she doesn’t answer, well, we go there or we call 911. So no, no, it’s ideal because we see, we see the images; we do not have false expectations. (P001)

Moreover, he said “with the ageing persons, it’s something that is going to be, in my opinion, essential” (P001).

For dyad 2, the opinion also remained positive. The older adult considered the IVS more as a way to understand better his condition than a fall detection system. He mentioned being aware of the cameras, especially at night, and said: “sometimes I thought about the cameras, that’s why, in the bathroom, there is no camera. (...) Otherwise, the system doesn’t bother me” (A002). Despite his overall good opinion on the system, he felt that he did not need the system now: “the system is useful but ... presently I don’t need it. (...) Maybe in the future, when the disease advances” (A002). He mentioned that he had this feeling because he had the Lifeline© system and would not want to stop it unless the IVS was completely free.

Regarding his caregiver, his good opinion on the system remained during the experiment, he said: “I’m confident yes (...). I hope the system will become a success and help many people with Parkinson’s disease or other conditions”. Yet, he admitted not understanding everything about the IVS: he felt its functioning was easy but needed help to understand how to react in case of an alert.

Overall, the participants had a positive opinion on the IVS before and after its implementation, even if they did not have the same reason for being favorable to the IVS. They all mentioned its easiness to use and to be understood. However, they would not want the IVS to be installed permanently: 1) the first dyad because the older adults felt more reassured and was having a surgery for her loss of vision so she felt she did not need it anymore and 2) the second older adult because he thought his Parkinson’s disease was not advanced enough.

Implementation variables

All participants were satisfied with the way the IVS was installed at home; participant A002 said: “Ah, you installed it quickly and well, for the best. The rods like this, it’s convenient” (A002). Yet this participant mentioned worrying about colliding with it and changing its position.

Regarding the barriers, facilitators, advantages and disadvantages, details per participants are exposed in table 4. Participants identified few barriers and few disadvantages of the IVS.

Insert table 4

Related to the alerts, participant P003 mentioned that his sister and him were comfortable with the idea of receiving the pictures no matter the situation or the way the older adult was dressed. Both P001 and P002 affirmed that receiving images, even if it was for false alerts, was reassuring. More precisely, P001 said that false alerts reminded him to check on his mother when he forgot during his workday. Receiving the false alerts, made him call her more often; he had the feeling that thus, he had occasions to talk with her about something else than

her condition. He also felt that she was reassured, which was confirmed by his mother. One concern raised by participant P003 is that he might miss an alert if the fall happened at night when he was sleeping. Both older adults liked the picture sent to the caregiver so that he could intervene. One explained: “If I see the person on the floor, it gives me an idea of... the situation of the person, it’s a good idea” (A002). Yet he was worried about disturbing his nephew. Caregivers appreciated receiving the images to be able to identify the older adults’ situations after the fall. P001 explained: “(...) we can have an idea of the kind of falls (...)”. Participant P001 said the image resolution of the alerts was good and, he mentioned that the processed image from the bathroom was easy to analyze. Finally, all participants appreciated the closed-circuit functioning of the system and trusted it to protect their privacy. Participants had suggestions regarding the IVS and features to add to the system; they are exposed in table 5.

Insert Table 5

Discussion

This multiple case study enabled us to explore the implementation of the IVS among two dyads of older adults living alone at home and their caregivers and collect the perception of a third caregiver on the IVS. Despite the fact that no fall followed by immobility (true positive) occurred, this study showed the feasibility of implementing the IVS and led to recommendations regarding its implementation.

IVS functioning

The IVS detects serious falls based on an unusual fast movement (fall) followed by quasi-immobility (impossibility to call for help or to get up). There is a discrepancy of performance of the IVS between its implementation at home and its validation during the proof of concept (in an apartment-laboratory and in an apartment with two young adults) (Lapierre, Rousseau, et al., Submitted). The sensitivity of the IVS was 91.67% and the specificity was 99.02% in the apartment-laboratory; during its validation at home only four

false alerts occurred in 28 days (Lapierre, Rousseau, et al., Submitted). The discrepancy encountered for the IVS may be related to the luminosity of the homes and to the specific characteristics of walking of the participants. For dyad 1, the luminosity was particularly bright and very changing in the living room, the kitchen and the bedroom. Thus, it induced shadows hindering the performance of the IVS. This was not the case in the apartment-laboratory where the IVS was validated (Lapierre, Rousseau, et al., Submitted). Likely, the lights used by the older adult A002 at home created multiple changing shadows implying challenges for the IVS's performance (false alarms were more frequent. Regarding their walk, both participants had an impulsive fast walk; these walking patterns were different from the ones simulated in the proof of concept. On the contrary, Feldwieser et al., (2014)'s study shows consistency of their multimodal technology performance to detect falls between the real-context and the laboratory. However, their multimodal technology also involved accelerometers, which could explain their consistency (accelerometers' performance does not change with the environment). Yet, accelerometers need to be worn, which is considered as an inconvenient for older adults. This suggests that proof of concept enables research teams to validate their technology and anticipate technical issues that might be encountered at home, but multiple case studies at home, with older adults at risk of falls are essential steps in camera-based systems' development. Gietzelt et al., (2012)'s study demonstrates it: from their multimodal fall detection system, the camera-based part of the system could not detect falls because of installation issues at home. Moreover, detection in the dark was not possible in their study but was not a problem in ours since we used infrared cameras (Gietzelt et al., 2012).

Participants' perception and implementation considerations

The participant's perception of the IVS was positive, which is consistent with our previous studies on potential users perception of the IVS (Lapierre et al., 2015; Londei et al., 2009). This supports both, the value of user-based technology conceptions and studies exploring potential user's perception before their use of the technology. However, the participant who did not use the IVS (P003), was the only one not mentioning any suggestion

to improve it. This suggests that documenting perceptions of users might be enriched by a prolonged use of the technology.

The interpretation of the results must consider the absence of women caregivers in our cases. We noted that all women caregivers recruited (n=4) refused to participate to the study even though their care recipient wanted to. On the contrary, all men caregivers contacted accepted to participate. Men tend to perceive technologies as more useful than women do and women feel more often that technologies are difficult to use (Goswami & Dutta, 2016; Mattila et al., 2014) ; our results may have been different if women were included as caregivers. The fact that all women caregivers contacted refuse to participate may indicate that this gender tendency deserves to be investigated. Likewise, participants, especially caregivers mentioned that being older was a barrier to the use of the technologies. This is confirmed by the literature review on perception of older adults on fall detection technologies of Hawley-Hague et al. (2014) highlighting the importance of usability for fall detection technologies (Hawley-Hague, Boulton, Hall, Pfeiffer, & Todd, 2014). Focusing on technologies like the IVS, that do not need any intervention from the older adult or the caregiver to function, may be a solution to address this concern and has been highlighted as a facilitator by our participants.

Regarding implementation elements, participants' concerns about the cost of the IVS were consistent with Hawley-Hague et al. (2014)'s literature review, thus the IVS development involving low cost equipment addresses a common concern among older adults (Hawley-Hague et al., 2014; Londei et al., 2009): indeed, without the Mathematica© software which can easily be replaced by free software, the IVS costs CAN\$479,5. This cost could even decrease in a permanent installation as no rod would be part of it, the camera being fixed on the wall. Regarding the privacy concerns related to the use of camera-based technologies, event if it is often raised in the literature (Comité national d'éthique sur le vieillissement, 2015; Gietzelt et al., 2012), it was not a barrier (except for the bathroom for A002) in our study as well as the previous ones (Lapierre, Meunier, et al., Submitted; Londei et al., 2009). This suggests that the image processing offered as an option of the IVS and the closed-circuit functioning might be promising to address the privacy issue related to the use of cameras.

Finally, based on the participant's suggestions, the IVS could be part of an intelligent environment (e.g. smart home), in order to integrate home and health monitoring (e.g. blood

pressure monitoring, home invasion monitoring). This would address participants' needs and improve the fall detection performance by combining multiple technologies (Feldwieser et al., 2014). However, multiplying the technologies could threaten the privacy of older adults, thus it should consider data protection.

Strengths and limitations

The research design limits the transferability of the results to contexts similar to the ones described in our results (Yin, 2014). Due to the relationship between participants and the research team created through the two months of implementation, a desirability bias may have occurred. To minimize it, participants were reminded that all opinions were welcomed and sources were triangulated (i.e. opinions were collected by semi-structured interviews, daily journals and daily calls) (Creswell, 2009). To increase results transferability, various cases were included: homes' characteristics were different, so were the older adults and caregivers' conditions and sociodemographic status (Miles et al., 2014; Yin, 2014). Moreover, the conceptual model chosen enabled us to consider the implementation phenomena comprehensively, by taking into account variables from the person, their environment and their interactions (Lapierre et al., 2016, 2015; Londei et al., 2009; Rousseau, 2017).

Recommendations for future implementations

Based on this multiple case study, recommendations related to future implementation of camera-based technologies are presented based on the Model of Competence (Rousseau, 2017; Rousseau et al., 2002). Recommendations related to the person involve: 1) targeting older adults able to understand the functioning of the technologies; 2) being used to technologies is not mandatory to favor technology acceptance. The main recommendation related to the human environment is involving caregivers used to technologies and thus able to provide support to the older adult. The recommendations related to the nonhuman environment are: 1) installing the cameras in corners of the room and above windows to maximize the room coverage and minimize the effect of strong shadows and 2) completing the system by another technology in small rooms where false alarms are higher. Related to the

person-environment interaction, the recommendations would be 1) targeting older adults with walking difficulties and slower mobility (to facilitate the calibration) and 2) targeting older adults with an endangered autonomy so that they could really benefit from the system.

Conclusions

This embedded multiple-case study showed the feasibility of implementing IVS at home of older adults with their caregivers as the alert recipient. Despite the technical challenges remaining, especially in small rooms, participants were in favor of the IVS, which encourage continuing its development. The results led to recommendation for future implementations of camera-based fall detection systems. Future studies should involve women caregivers and larger experimental groups to increase the results transferability.

Acknowledgments

Authors acknowledge XXX [blinded for reviewing process] for her implication on the data collection process.

Declaration of Conflicting Interests

The authors declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

Funding

Authors received funding from XXX [blinded for reviewing process] and XXX [blinded for reviewing process].

References

- Atoyebe, O. A., Stewart, A., & Sampson, J. (2015). Use of Information Technology for Falls Detection and Prevention in the Elderly. *Ageing International*, 40(3), 277-299. doi:10.1007/s12126-014-9204-0
- Bloch, F. (2015). Les complications non traumatiques des chutes□: des conséquences trop souvent négligées chez la personne âgée. *NPG Neurologie - Psychiatrie - Gériatrie*, 15(88), 188-190. doi:10.1016/j.npg.2015.02.001
- Burns, E. R., Stevens, J. A., & Lee, R. (2016). The direct costs of fatal and non-fatal falls among older adults — United States. *Journal of Safety Research*, 58, 99-103. doi:10.1016/j.jsr.2016.05.001
- Government of Canada. (2017). Action for Seniors report (research). Consulté à l'adresse <https://www.canada.ca/en/employment-social-development/programs/seniors-action-report.html>
- Chen, K.-Y., Harniss, M., Patel, S., & Johnson, K. (2014). Implementing technology-based embedded assessment in the home and community life of individuals aging with disabilities: a participatory research and development study. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 9(2), 112-120. doi:10.3109/17483107.2013.805824
- Comité national d'éthique sur le vieillissement. (2015). Avis n°1 aspects éthiques de l'utilisation de caméras vidéo dans les milieux de vie des aînés. Québec, QC. Consulté à l'adresse https://www.ivpsa.ulaval.ca/sites/ivpsa.ulaval.ca/files/avis_rapport_complet.pdf
- Creswell, John W. (2009). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and mixed Methods Approaches* (3rd ed). Thousand Oaks: SAGE Publication Inc.
- Cuddihy, P. E., Yardibi, T., Legenzoff, Z. J., Liu, L., Phillips, C. E., Abbott, C., ... others. (2012). Radar walking speed measurements of seniors in their apartments: Technology for fall prevention. In *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2012 Annual International Conference of the IEEE* (p. 260-263). IEEE. Consulté à l'adresse http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6345919

- Delahoz, Y. S., & Labrador, M. A. (2014). Survey on fall detection and fall prevention using wearable and external sensors. *Sensors*, 14(10), 19806-42. doi:10.3390/s141019806
- Dow, B., Meyer, C., Moore, K. J., & Hill, K. D. (2013). The impact of care recipient falls on caregivers. *Australian Health Review*, 37(2), 152. doi:10.1071/AH12168
- Faes, M. C., Reelick, M. F., Joosten-Weyn Banningh, L. W., Gier, M., Esselink, R. A., & Olde Rikkert, M. G. (2010). Qualitative study on the impact of falling in frail older persons and family caregivers: foundations for an intervention to prevent falls. *Aging Ment Health*, 14, 834-42. doi:10.1080/13607861003781825
- Feldwieser, F., Gietzelt, M., Goevercin, M., Marschollek, M., Meis, M., Winkelbach, S., ... Steinhagen-Thiessen, E. (2014). Multimodal sensor-based fall detection within the domestic environment of elderly people. *Zeitschrift Fur Gerontologie Und Geriatrie*, 47(8), 661-5. doi:10.1007/s00391-014-0805-8
- Fleming, J., Brayne, C., & and the Cambridge City over-75s Cohort (CC75C) study collaboration. (2008). Inability to get up after falling, subsequent time on floor, and summoning help: prospective cohort study in people over 90. *BMJ*, 337(nov17 1), a2227-a2227. doi:10.1136/bmj.a2227
- Gietzelt, M., Spehr, J., Ehmen, Y., Wegel, S., Feldwieser, F., Meis, M., ... Goevercin, M. (2012). GAL@Home: a feasibility study of sensor-based in-home fall detection. *Zeitschrift Fur Gerontologie Und Geriatrie*, 45(8), 716-21. doi:10.1007/s00391-012-0400-9
- Goswami, A., & Dutta, S. (2016). Gender Differences in Technology Usage—A Literature Review. *Open Journal of Business and Management*, 04(01), 51-59. doi:10.4236/ojbm.2016.41006
- Gouvernement du Québec. (2018). Un Québec pour tous les âges (p. 106). Québec. Consulté à l'adresse <https://www.mfa.gouv.qc.ca/fr/publication/Documents/PA-qc-tous-ages.PDF>
- Hawley-Hague, H., Boulton, E., Hall, A., Pfeiffer, K., & Todd, C. (2014). Older adults' perceptions of technologies aimed at falls prevention, detection or monitoring: A

systematic review. *International Journal of Medical Informatics*, 83(6), 416-426 11p.
doi:10.1016/j.ijmedinf.2014.03.002

Hébert, R., Bravo, G., & Prévile, M. (2000). Reliability, Validity and Reference Values of the Zarit Burden Interview for Assessing Informal Caregivers of Community-Dwelling Older Persons with Dementia*. *Canadian Journal on Aging / La Revue Canadienne Du Vieillissement*, 19(4), 494-507. doi:10.1017/S0714980800012484

Iecovich, E. (2008). Caregiving Burden, Community Services, and Quality of Life of Primary Caregivers of Frail Elderly Persons ,
Caregiving Burden, Community Services, and Quality of Life of Primary Caregivers of Frail Elderly Persons. *Journal of Applied Gerontology*, 27(3), 309-330.
doi:10.1177/0733464808315289

Institut National de Santé Publique du Québec. (2011). Prévention des chutes auprès des Personnes âgées vivant à domicile: analyse des données scientifiques et recommandations préliminaires à l'élaboration d'un guide de Pratique clinique. Consulté à l'adresse http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1241_PrevChutesPersAgeesAnalyseRecomm.pdf

Kuzuya, M., Masuda, Y., Hirakawa, Y., Iwata, M., Enoki, H., Hasegawa, J., ... Iguchi, A. (2006). Falls of the elderly are associated with burden of caregivers in the community. *Int J Geriatr Psychiatry*, 21, 740-5. doi:10.1002/gps.1554

Lachman, M. E., Howland, J., Tennstedt, S., Jette, A., Assmann, S., & Peterson, E. W. (1998). Fear of Falling and Activity Restriction: The Survey of Activities and Fear of Falling in the Elderly (SAFE). *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 53B(1), P43-P50. doi:10.1093/geronb/53B.1.P43

Lapierre, N., Carpentier, I., St-Arnaud, A., Ducharme, F., Meunier, J., Jobidon, M., & Rousseau, J. (2016). Vidéosurveillance intelligente et détection des chutes□: perception des professionnels et des gestionnaires: Intelligent videosurveillance and falls detection: Perceptions of professionals and managers. *Canadian Journal of Occupational Therapy*, 83(1), 33-41. doi:10.1177/0008417415580431

- Lapierre, N., Meunier, J., St-Arnaud, A., Filiatrault, J., Paquin, M.-H., Duclos, C., ... Rousseau, J. (Submitted). Elderly women's perceptions of a videomonitoring system for analysing the person-environment interaction at home. *Gerontechnology*.
- Lapierre, N., Proulx Goulet, C., St-Arnaud, A., Ducharme, F., Meunier, J., Londei, S., ... Rousseau, J. (2015). Perception et réceptivité des proches-aidants à l'égard de la vidéosurveillance intelligente pour la détection des chutes des aînés à domicile. *Canadian Journal on Aging*, 34(04), 445-456. doi:10.1017/S0714980815000392
- Lapierre, N., Rousseau, J., St-Arnaud, A., & Meunier, J. (Submitted). An intelligent video-monitoring system to detect falls: A proof of concept. *Journal of Enabling technology*.
- Londei, S., Rousseau, J., Ducharme, F., St-Arnaud, A., Meunier, J., Saint-Arnaud, J., & Giroux, F. (2009). An intelligent videomonitoring system for fall detection at home: perceptions of elderly people. *Journal of Telemedicine & Telecare*, 15(8), 383-90. doi:10.1258/jtt.2009.090107
- Mackintosh, S., Fryer, C., & Sutherland, M. (2007). For falls sake: older carers' perceptions of falls and falls risk factors. *Internet Journal of Allied Health Sciences & Practice*, 5, 1-9.
- Mahmood, A., Yamamoto, T., Lee, M., & Steggell, C. (2008). Perceptions and Use of Gerotechnology: Implications for Aging in Place. *Journal of Housing For the Elderly*, 22, 104-126. doi:10.1080/02763890802097144
- Mattila, A., Nyheim, P., & Zhang, L. (2014). The effect of power and gender on technology acceptance. *Journal of Hospitality and Tourism Technology*, 5(3), 299-314. doi:10.1108/JHTT-03-2014-0008
- Miles, M. B., Huberman, M., & Saldana, J. (2014). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook* (3rd ed.). Californie: Thousand Oaks, SAGE. Consulté à l'adresse <https://us.sagepub.com/en-us/nam/qualitative-data-analysis/book239534>
- Mubashir, M., Shao, L., & Seed, L. (2013). A survey on fall detection: Principles and approaches. *Neurocomputing*, 100, 144-152. doi:10.1016/j.neucom.2011.09.037
- Nasreddine, Z. S., Phillips, N. A., Bédirian, V., Charbonneau, S., Whitehead, V., Collin, I., ... Chertkow, H. (2005). The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: a brief screening tool

for mild cognitive impairment. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53(4), 695–699.

Public Health Agency of Canada. (2014). Seniors' falls in Canada: second report. Consulté à l'adresse http://epe.lac-bac.gc.ca/100/201/301/weekly_checklist/2014/internet/w14-36-U-E.html/collections/collection_2014/aspc-phac/HP25-1-2014-eng.pdf

Rougier, C., Meunier, J., St-Arnaud, A., & Rousseau, J. (2011). Robust Video Surveillance for Fall Detection Based on Human Shape Deformation. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 21, 611-622. doi:10.1109/TCSVT.2011.2129370

Rougier, C., St-Arnaud, A., Rousseau, J., & Meunier, J. (2011). Video Surveillance for Fall Detection. In W. Lin (Éd.), *Video Surveillance*. InTech. Consulté à l'adresse <http://www.intechopen.com/books/video-surveillance/video-surveillance-for-fall-detection>

Rousseau, J. (2017). Rousseau, J. (2017). Modèles généraux en ergothérapie: Le Modèle de compétence. In M. C. Morel-Bracq, *Les modèles conceptuels en ergothérapie- Introduction aux concepts fondamentaux* (2nd éd., p. 107-119). Paris, France: De Boeck Supérieur. Consulté à l'adresse <https://www.calameo.com/read/00001585680cb84ddb58b>

Rousseau, J., Potvin, L., Dutil, E., & Falta, P. (2002). Model of Competence: A Conceptual Framework for Understanding the Person-Environment Interaction for Persons with Motor Disabilities. *Occupational Therapy in Health Care*, 16(1), 15-36. doi:10.1080/J003v16n01_02

Statistics Canada. (2016). Population Trends by Age and Sex. Consulté à l'adresse <https://www150.statcan.gc.ca/n1/en/pub/11-627-m/11-627-m2017016-eng.pdf?st=78Vb8okr>

Tchalla, A. E., Lachal, F., Cardinaud, N., Saulnier, I., Rialle, V., Preux, P. M., & Dantoine, T. (2013). Preventing and managing indoor falls with home-based technologies in mild and moderate Alzheimer's disease patients: pilot study in a community dwelling. *Dementia & Geriatric Cognitive Disorders*, 36(3-4), 251-61. doi:10.1159/000351863

- Tinetti, M., Liu, W.-L., & Claus, E. B. (1993). Predictors and prognosis of inability to get up after falls among elderly persons. *Jama*, 269(1), 65–70.
- United Nations, D. of E. and S. A., Population Division. (2017). *World Population Prospects - The 2017 Revision*. New York. Consulté à l'adresse https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/WPP2017_KeyFindings.pdf
- van Hoof, J., Kort, H. S. M., Rutten, P. G. S., & Duijnste, M. S. H. (2011). Ageing-in-place with the use of ambient intelligence technology: perspectives of older users. *International Journal of Medical Informatics*, 80(5), 310-331. doi:10.1016/j.ijmedinf.2011.02.010
- World Health Organization. (2008). *global report on falls prevention in older age*. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization. (2015). *World report on ageing and health*. Geneva: World Health Organization.
- Yardley, L., Beyer, N., Hauer, K., Kempen, G., Piot-Ziegler, C., & Todd, C. (2005). Development and initial validation of the Falls Efficacy Scale-International (FES-I). *Age and Ageing*, 34(6), 614-619. doi:10.1093/ageing/afi196
- Yin, R. (2014). *Case study research: Design and Methods* (5e éd.). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.
- Zarit, S., Orr, N., & Zarit, J. (1985). *The Hidden Victims of Alzheimer's Disease*. New York: New York University press. Consulté à l'adresse https://books.google.fr/books/about/The_Hidden_Victims_of_Alzheimer_s_Diseas.html?hl=fr&id=LKcikAiGoJAC

Figures

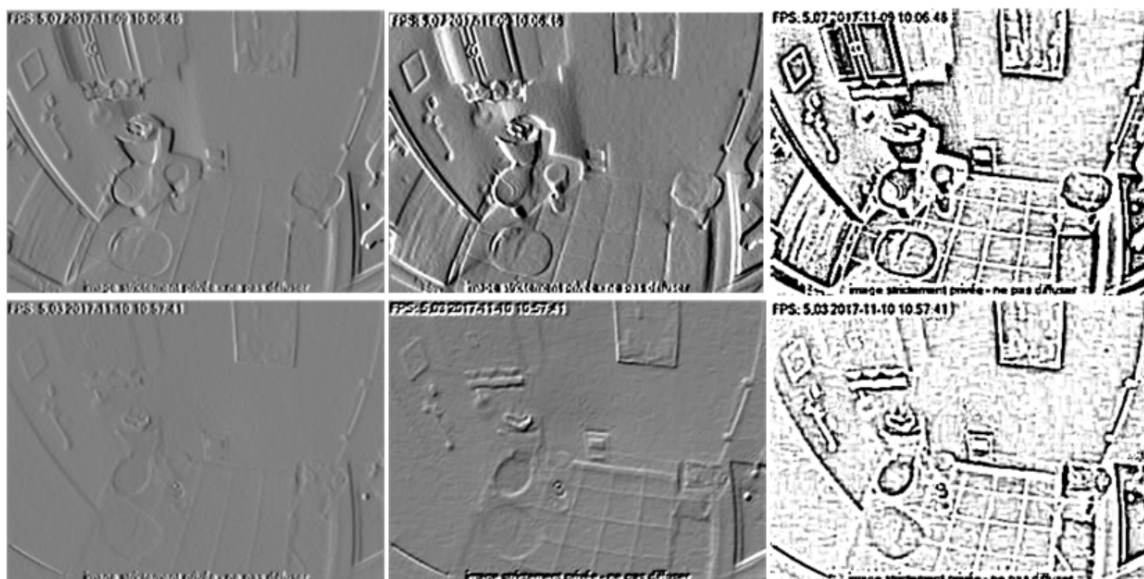


Figure 1. Examples of image processing offered to participants to protect their privacy in the alert sent to their caregivers.



Figure 2. Example of the IVS installation (dyad 1).

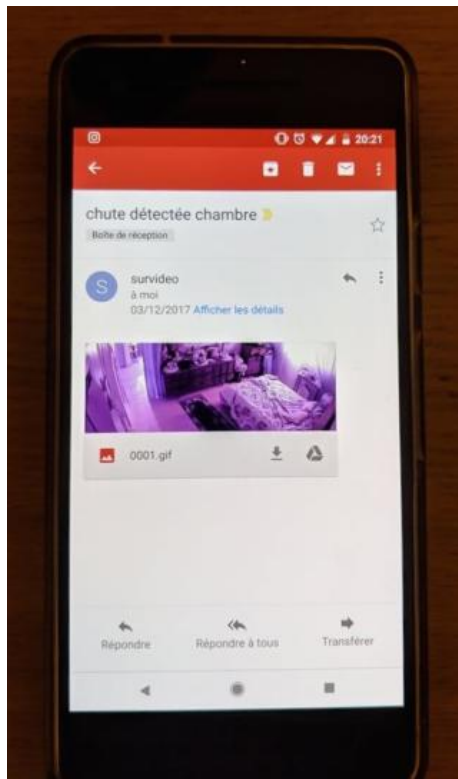


Figure 3. Example of an alert received by the informal caregiver.

Tables

Table 1

Presentation of the cases														
											Services			
Highest											Services (from (from			
Cultural background											informal formal			
Civil level											caregivers) caregivers)			
Family income ^a														
Profession														
Work														
Health condition														
Code														
Age														
Gender (country)														
status														
completed														
income ^a														
Housewife														
N/A														
Alzheimer's disease, cataract											Calls to check Yes: 4			
on well-being times/week														
Financial														
management														
Coordination of health services														
Full time														
N/A														
Programmer														
>60000														
University														
Common-law union														
Quebec														
Male														
59														
P001														
Informal caregiver														
Dyad 2														
Older adult														
A002														
75														
Male														
Quebec (immigrant from Vietnam)														
Divorced														
University														
40000-44999														
Pharmacist														
Retired														
Parkinson's disease, prostatic trouble														
Shopping														
Yes: 4														
Making phone calls times/week														
Help with														

Informal caregiver	P002	29	Male	Quebec	Single	Collegial	20000-24999	Student in Full time	N/A	mobility Help with getting dressed Reassuring his uncle
				(Vietnamese background)						
Dyad 3										
Older adult	A007	90	Female	Quebec	Single	-	-	-	-	Shopping Financial No
Informal caregiver	P007	74	Male	Quebec	Married	University	>60000	Financial director	Retired Asthma, high blood pressure	Management Administration Phone calls

¹ Canadian dollars.

Table 2

Comparison T0/T4												
Cases	Opinion about the older adults living alone								Opinion about the IVS			
	MoCA				FES-I						Zarit	
	T0	T4	T0	T4	T0	T4	T0	T4				
Dyad 1												
A001	11	15	49	31	-	-	“I can’t stay here all-alone.”	“I was alone. It’s (...) reassuring if something happen, all the cameras, I liked that.	“Well it can’t be better than this”	“It’s really, really good; me, I’m really happy with that, with this system. It’s perfect! ”.		
P001	-	-	-	-	21	22	“She would be better institutionalized than at home (...) because she’s alone, she’s bored.”	“I felt it, that she was reassured”	“Wonderful concept”	“(...) I 100% agree with a system like that”.		
Dyad 2												
A002	28	28	25	24	-	-	“I want to stay here”	“I think it’s the autonomous”	“I won’t feel the	“It’s a thing that we		

					until my death.”	impression	of	presence	of	the should have done for
						security about what		system”.		a long time.”
						happens at home.”				
P002	-	-	-	29	34	“This building, (...) “For him, it hasn’t		“I think it’s exciting “Creative, security		
						there are things that changed.”		(...) to learn more and I hope the system		
						can give him a lot		about these will be installed		
						of help.”		technologies.”		permanently at Mister
										XX’s [name of his
										uncle] house with
										more features.”
Dyad 3										
P003 ^a	-	-	-	0	-	“she’s	an			
						autonomous				
						person”	-	“It’s useful and it		-
								doesn’t bother”.		

^a A003 had to withdraw from the project, hence the missing data for the dyad

Table 3

IVS performance per type of home		
Rooms where the Total of		
Cases	IVS was installed	FP ^b per day
Dyad 1	Kitchen ^a	-
	Bathroom	0.63
	Living room	0.82
	Bedroom	0.33
Dyad 2	Kitchen ^a	-
	Living room ^a	-
	Bedroom	0

^a: Missing data are for the room where the IVS could not be calibrated

^b: FP means false alarms

Table 4

Implementation considerations

Participant	Barriers	Facilitators	Disadvantages	Advantages
A001	-	“Well, for sure it’s easy to... because I don’t take care of it. [ok, so it’s that you don’t have to act on the system?] Nothing to touch. It’s wonderful”	“Well, disadvantages, I found it... it’s a disadvantage. I found it... it’s not perfect.”	“Well, the advantages, no it’s sure that if a person is alone, and have difficulties to walk, it reassures a lot.”
P001	-	“If the user interface is easy to use (...)”	“Maybe, having a camera in the bathroom may have put people uncomfortable, or people thought about it more”	“It’s good to warn the family or a relative when someone fall, it’s sure that it reassures patients a lot”. “We’ve got messages, you know, better have too many than not enough (...). So it gave me a little more insurance (...)”

A002

“I don’t know how much it cost, “One or two [cameras] only. but I think it’s expensive, that’s quietly, instead of having 3-4 why I think it might not be screens” accessible to older adults.”

P0002

“(…) Me, if he falls hard, I’m not “(…) e-mails are an easy way of sure of what I have to do. Do I communicating with the system or have to go see him or do I have to communicate so it’s easier for call the reception of his home? me to understand what happened Maybe the system could give me with my uncle. (…)” directions (…):”

“for me, everything suits me. I “advantages? I think the think you prepared everything, system record the 40 that’s why I think there’s no seconds before the fall, inconvenient”. you can find interesting things in these seconds”.

“(…) It should be more selective “The protection. The you (…) This is a bit medieval. (…) system will go faster A little bit old.” than when you call him, because now if he falls, he has a life saver [Lifeline ©], but this system would work faster than traditional systems now. Yes, it’s also more cost efficient because the life saver [Lifeline ©], when it’s activated, it activates the 911 to send an ambulance, maybe it’s … it’s more expensive.”

“The picture... it’s not clear.
[okay, you would like a picture
more...]

clearer (...) I want to see exactly
what’s happening. (...) Like his
head for instance, it would be the
most important, then he’s
position, how he has fallen, has he
hurt his head on a plank or not”

“It’s also a way to save
time for me. Because I
have to call him often
without thinking, so it
cost me time to call him
every day or every two
days to confirm his
condition. But if he has a
system like this, I can
directly say what’s
happening with him, if
he has fallen today or
not.”

Table 5

Suggestions of feature development for the IVS^a

A001	Monitoring home invasions
A002	Cameras able to change their orientation when needed Monitoring home invasions
P001	A light signal to inform that an alarm has been triggered User-friendly computers with touch screen, color signal and big buttons
P002	Sending an high definition picture Recording the voice of the older adult after the fall Providing guidance on how to react to the fall Being able to zoom on the picture Transforming the IVS into a health manager monitoring falls and multiple other health variables (e.g. pulse, blood pressure, diabetes etc.) Sending a video with the alert

^a Participant P003 did not have any suggestion on the IVS

CHAPITRE 4. DISCUSSION GÉNÉRALE

La discussion est structurée en six parties : 1) Retour sur la question de recherche générale, 2) Facteurs influençant l'implantation de la VSI aux domiciles d'aînés chuteurs, 3) Considérations conceptuelles, 4) Limites et les forces, 5) Recommandations et 6) Perspectives futures.

4.1. Retour sur la question de recherche générale

4.1.1. Implantation de la VSI et recherche de développement

Cette recherche de développement a permis de répondre à la question générale de recherche qui était « Comment implanter la vidéosurveillance intelligente pour détecter les chutes des aînés à domicile ? ». Le projet de recherche a abouti à l'adaptation de la VSI pour explorer la faisabilité de son implantation à domicile afin de détecter les chutes graves. Le projet de recherche incluait quatre étapes : 1) l'étape 1 était constituée de deux revues de la portée, l'une portant sur les technologies de détection des chutes et l'autre sur les technologies de gestion de l'errance; 2) l'étape 2 était une étude de cas multiples documentant la perception d'aînés chuteurs vis-à-vis de l'usage d'une version simplifiée de la VSI, la VSP; 3) l'étape 3 était une preuve de concept visant à valider la VSI et sa procédure d'implantation ; et 4) l'étape 4 consistait en l'implantation de la VSI à domicile au cours d'une étude de cas multiples.

Conformément aux recommandations de Contandriopoulos, Champagne, Potvin, Denis, & Boyle, (2005) pour les recherches de développement, la VSI a été adaptée, à partir de la littérature existante, pour son implantation à domicile. Les devis de recherche utilisés (revue de portée, preuve de concept par simulation et études de cas multiples) étaient appropriés pour améliorer l'intervention puis vérifier sa qualité (Contandriopoulos, Champagne, Potvin, Denis, & Boyle, 2005; Fortin & Gagnon, 2015; Yin, 2014). Les étapes préalables à l'implantation de la VSI (étapes 1, 2 et 3) ont permis d'améliorer son fonctionnement, d'anticiper certaines

difficultés liées à son utilisation (ex : adapter son équipement à différents domiciles), de faciliter son acceptation (ex : protéger la vie privée) et d'affiner le processus d'implantation (ex : soutien téléphonique). Ces étapes ont permis la faisabilité de l'implantation en considérant les facteurs présentés en section 6.2. (Facteurs influençant l'implantation de la VSI). L'apport de chaque étape par rapport aux précédentes est expliqué en section 6.1.2. (Apprentissages de chaque étape).

Les résultats de cette thèse ont mené à définir plus précisément les conditions d'administration de l'intervention (c.-à-d. la VSI) afin qu'elle produise les résultats attendus (Contandriopoulos, Champagne, Potvin, Denis, & Boyle, 2005). Contandriopoulos et al. (2005) précisent que les résultats d'une recherche de développement devraient permettre de répondre aux questions « où? », « quand? », et « auprès de qui? » à propos de l'intervention à implanter. Les résultats des différentes étapes de cette thèse procurent les réponses à ces questions et seront discutés à la section 6.2. (Facteurs influençant l'implantation de la VSI) et 6.3. (Considérations conceptuelles). La fiabilité de l'implantation de la VSI, soit sa capacité à détecter les chutes de façon constante dans le temps et dans l'espace, ainsi que sa validité (spécificité et sensibilité de la VSI) ont été évaluées au cours de la thèse (dans les étapes 3 et 4) conformément aux recommandations de Contandriopoulos et al., (2005).

Les forces et les limites de cette thèse sont discutées en section 6.4. (Limites et forces). Enfin, cette recherche de développement a abouti à la formulation de recommandations pour l'implantation de technologies de détection de chutes basée sur l'utilisation de caméras (section 6.5. recommandations) et pour de futures recherches dans le domaine de l'implantation à domicile de gérontechnologies composées de caméras (section 6.6. Perspectives futures).

4.1.2. Les apports de chaque étape.

Le développement de la VSI est centré sur l'utilisateur (Garrety & Badham, 2004; Jokela, Iivari, Matero, & Karukka, 2003) et propose plusieurs phases d'évaluation de la technologie

dans des environnements différents. Chaque étape de cette thèse a servi à bonifier la technologie et la méthodologie d'implantation avant l'étape 4. Les apports de chacune des trois étapes préalables à l'implantation sont décrits ci-dessous, puis les apports de l'étape d'implantation (étape 4) sont ensuite présentés.

Étape 1. *Revue de la portée*

La revue de la portée sur les technologies de gestion de l'errance a recensé moins d'études que celle sur les technologies de détection de chute (12 études incluses sur les technologies de gestion de l'errance contre 118 pour la revue sur la détection des chutes). Ceci peut s'expliquer par l'importance de la problématique des chutes sur la population âgée : 30% des âgés dans le monde chutent chaque année, seulement 7% développent une démence et sont à risque d'errance (Organisation mondiale de la Santé, 2016; Standing Senate Committee on Social Affairs, Science and Technology, 2016). Concernant les technologies de gestion de l'errance, 41,7% des études ne rapportent pas d'avantage ou de résultats significatifs liés à leur usage (Neubauer et al., 2018). Ces résultats sont très différents des résultats obtenus pour les technologies de détection des chutes : les études recensées rapportaient des résultats positifs sur différentes variables d'acceptation et de satisfaction des usagers (Lapierre et al., 2018). Les technologies de détection des chutes sont donc actuellement mieux documentées que celles de gestion de l'errance. L'implantation des technologies de détection des chutes à domicile semble donc plus prometteuse et répondrait à un problème de plus grande ampleur.

Les revues de la portée ont permis de mieux définir le type de technologie et le fonctionnement qui semblent appropriés pour une implantation à domicile. Concernant le type de technologie à planter, la revue de la portée sur les technologies de détection des chutes montre qu'il existe dix types de technologies différentes en développement (chacune proposant plusieurs algorithmes de détection). Aucun type de technologie ne s'est montré plus performant que les autres. De plus, la plupart des études relevées dans les revues de portée ont été réalisées dans des environnements contrôlés, ce qui concorde avec d'autres revues de la littérature (Atoyebi, Stewart, & Sampson, 2015; Mubashir, Shao, & Seed, 2013; Yu, 2008). Il est donc difficile d'anticiper quelle technologie se montrera la plus performante lors de son

implantation à domicile. Cependant, la revue de la portée sur les technologies de gestion de l'errance met en évidence que les technologies ambiantes coûtent moins cher que les technologies portatives même si elles sont moins utilisées (Neubauer et al., 2018). Ces résultats suggèrent que les technologies ambiantes sont prometteuses pour répondre à la problématique des coûts des technologies (Atoyebi, Stewart, & Sampson, 2015) tout en répondant à la nécessité d'octroyer de l'aide sans que l'aîné ait besoin de porter un système ou de l'activer volontairement (Fleming, Brayne, & Cambridge City over-75s Cohort study collaboration, 2008). De même, les technologies présentées dans les deux revues de la portée sont principalement des technologies de surveillance continue, ce qui répond à un besoin mentionné par l'OMS (2016). Le fonctionnement 24/7 a été repris pour la conception de la VSP puis de la VSI avec l'ajout d'une option : définir des plages horaires durant lesquelles les systèmes se désactivent automatiquement lorsque l'aîné reçoit des visites régulières (ex : visite de l'infirmière tous les mardi matin); cette option permet de protéger leur vie privée et limiter les fausses alertes liées à la présence d'autres personnes au domicile. Concernant la méthode de transmission de l'alerte, la revue de portée sur les chutes a montré que plusieurs méthodes de transmission sans fil peuvent être utilisées (c.-à-d. WiFi, Zigbee, Bluetooth et réseau mobile). Selon Lee, Su, & Shen, (2007), aucune d'entre elles n'est plus sécurisée que les autres, mais pour les données audio-video, le WiFi est la méthode de transmission la plus adaptée. Étant aussi la méthode la plus répandue et familière chez nos participants, le WiFi a donc été choisi pour transmettre l'alerte aux proches-aidants.

Les deux revues de la portée (errance, chute) ont démontré un faible score moyen des technologies au *Technology Readiness Level* (TRL) (US Department of Energy, 1992). Les étapes 2 (*Perception de femmes âgées chuteuses concernant un système de vidéosurveillance programmable*) et 4 (*Implantation d'un système de vidéosurveillance intelligente pour détecter les chutes des aînés à domicile : une étude de cas multiples*) de la thèse ont été réalisées pour tenir compte du faible score moyen des technologies au TRL: pour rendre une technologie accessible aux aînés, cette dernière doit être validée en milieu écologique avec ses usagers (US Department of Energy, 1992). Explorer davantage l'usage des technologies de détection des chutes à domicile est d'autant plus pertinent que la revue de la portée sur ces dernières a mis en évidence un écart de performance (sensibilité et spécificité) entre le

contexte du laboratoire et celui du domicile (Lapierre et al., 2018). De plus, certaines études ayant exploré l'usage de la technologie à domicile se sont, dans les faits, concentrées sur des environnements relativement contrôlés comme les résidences « Tigerplace » qui sont conçues pour recevoir des technologies ambiantes (Stone & Skubic, 2015). Les deux revues de la portée montrent que peu d'études ont exploré la perception ou l'acceptation des usagers vis-à-vis des technologies. Pourtant, les quelques études ayant documenté l'acceptation des technologies de gestion de l'errance montrent que lorsqu'elles sont testées avec les usagers, elles reçoivent une meilleure acceptabilité. De plus, une minorité d'études impliquent des proches-aidants malgré leur importance, en termes de soutien, auprès des aînés (Ducharme, 2006; Wolff et al., 2017). Les deux études de cas multiples (étapes 2 et 4 de la thèse) contribuent donc à combler ces manques dans la littérature.

Enfin, la majorité des études ressortant des revues de la portée explorent peu les facteurs influençant l'implantation des technologies; cette recherche de développement répond donc à un besoin dans la littérature. Les études qui mentionnent les facteurs d'implantation indiquent le coût de la technologie, le respect de la vie privée et des barrières au bon fonctionnement de la technologie (ex : difficulté de couvrir tout le domicile avec les technologies ambiantes). Les barrières mises en évidence pour les technologies de gestion de l'errance, telles que le coût ou les fausses alertes, sont similaires à celles mentionnées dans les études sur les technologies de détection des chutes. De plus, ces barrières à l'implantation concordent avec celles d'autres technologies (ex : technologies de surveillance, aide-mémoire électroniques) (Peek et al., 2014). Ainsi, la VSI répond à l'une des préoccupations touchant toutes les gérontechnologies en privilégiant les équipements à faible coût et l'utilisation d'un logiciel libre de droit pour limiter le prix de la technologie. De même, la protection de la vie privée a été une préoccupation constante dans le développement de la VSI, ce qui répond aux barrières évoquées dans la littérature (Hall, Brown, Stanmore, & Todd, 2017; Peek et al., 2014).

Ainsi, les revues de la portée soulignent la pertinence de réaliser les étapes suivantes de la thèse pour aboutir à l'implantation de la VSI (étape 4). Les apports de l'étape 1 ont guidé la réalisation de l'étape 2, une étape préalable à l'implantation de la VSI, soit l'implantation d'une version simplifiée de la VSI, la VSP pour explorer la perception des aînés vivant avec la

technologie à domicile. Ces apports ont aussi permis de bonifier la technologie pour la preuve de concept de l'étape 3. L'étape 1 a permis de recueillir des informations relatives à la technologie qui ont favorisé son implantation et son acceptation par les aînés lors des étapes 2 et 4.

Étape 2. *Perception de femmes âgées chuteuses concernant un système de vidéosurveillance programmable*

Les aspects apportés par l'étape 2 concernent la taille du système, la conservation des informations dans l'ordinateur, le choix de plages horaires d'activation de la VSP, la procédure d'implantation et le brouillage des images pour protéger la vie privée.

Dans cette étape, la petite taille des caméras de la VSP a été appréciée. Les participantes ont apprécié que le système ne gêne pas leurs déplacements à domicile et qu'il soit installé de façon discrète. L'importance de la taille du système concorde avec l'étude de Peek et al. (2014) sur les technologies visant le maintien à domicile et dans la communauté, mais il s'agit d'un élément nouveau par rapport aux deux revues de la portée de l'étape 1.

De même, cette étape a fait ressortir que l'usage du Nuage (*Cloud*) devrait être considéré avec précaution, car il s'agit d'un fonctionnement moins connu des aînés et inquiétant, pour ceux qui le connaissent. Ainsi, certaines participantes ont mentionné qu'elles n'auraient peut-être pas participé si la technologie utilisée avait transféré les vidéos enregistrées dans le Nuage; ce fonctionnement implique que leurs données personnelles quitteraient leur domicile et elles n'étaient pas confiantes par rapport à la transmission de leurs données à un serveur externe. Cet élément n'est pas non plus présent dans les revues de la portée et montre qu'il serait préférable de choisir des technologies n'impliquant pas l'usage du Nuage pour les étapes suivantes (preuve de concept puis implantation de la VSI auprès des aînés). Ainsi, privilégier les technologies en circuit fermé pourrait répondre à la préoccupation mise en évidence par Wagner, Basran, & Dal Bello-Haas, (2012) concernant la protection des données personnelles.

Concernant le choix des plages horaires d'activation de la VSP (le système ne fonctionnait que la nuit), les participantes ont apprécié la possibilité de les définir elles-mêmes. Selon elles, cela a contribué au respect de leur vie privée. Cette option n'a pas été mentionnée dans les résultats de la revue de la portée mais pourrait être davantage considérée

dans le développement de futures gérontechnologies offrant une surveillance. Cette possibilité répondrait à une inquiétude fréquemment relevée dans la littérature concernant le respect de la vie privée lors de l'usage de gérontechnologies (Hall, Brown, Stanmore, & Todd, 2017; Peek et al., 2014; Peetoom, Lexis, Joore, Dirksen, & De Witte, 2015). Elle représente donc un compromis entre le besoin de surveillance et le respect de la vie privée des aînés.

En lien avec la protection de la vie privée, les images enregistrées par la VSP ont été automatiquement traitées. Pour ce faire, le type de brouillage a été choisi par l'équipe de recherche pour l'étape 2 et a été très apprécié par les aînées. Certaines ont même mentionné qu'elles n'auraient pas participé sans cet aspect du système. Ces résultats diffèrent de ceux de l'étude de Londei et al. (2009) qui montrait que les aînés préféraient que les images envoyées à leurs proches-aidants en cas de chute soient les plus nettes possible. Cette différence pourrait s'expliquer par le but de la technologie : ici la technologie a pour but d'observer et non d'alerter; les images nettes pourraient être plus appropriées pour l'alerte que pour l'observation. Ces résultats suggèrent que le type de traitement informatisé des images serait adapté pour protéger la vie privée des aînées lors de l'enregistrement des 30 secondes avant la chute par la VSI, mais peut-être pas pour l'image envoyée au proche-aidant avec l'alerte (Londei et al., 2009); quoi qu'il en soit, pour l'implantation de la VSI, le type d'image peut être choisi par l'aîné.

Enfin, cette étape du projet a permis de valider l'évaluation du domicile qui précède l'installation de la VSI ainsi que la décision de l'installation basée sur le plan, les grilles d'observation et les photos du domicile. Ce travail préliminaire sur la procédure d'implantation répond à une difficulté rencontrée par (Chen, Harniss, Patel, & Johnson, 2014) lors de l'implantation d'une gérontechnologie au domicile d'aînés : les auteurs avaient dû procéder par essais-erreurs pour leur implantation. Les participantes de l'étape 2 ont aussi relevé que le soutien quotidien par téléphone est un élément facilitant l'implantation de la technologie qui devrait être réutilisé dans les étapes futures. La nécessité d'établir un soutien humain adapté est en concordance avec la littérature soulignant son importance lors de l'implantation de gérontechnologies auprès des aînés (Mahmood, Yamamoto, Lee, & Steggell, 2008).

Étape 3 Preuve de concept (An intelligent video-monitoring system to detect falls: A proof of concept; article 5).

Les informations recueillies dans les étapes précédentes (étape 1 et 2) ont été utilisées pour choisir l'équipement et les options de la VSI pour cette étape (ex : l'équipement impliquait des caméras de petite taille et la possibilité de choisir une plage horaire de fonctionnement a été conservée). Cette étape de preuve de concept impliquait la validation de la technologie et de sa procédure d'implantation dans deux contextes : l'appartement-laboratoire et le domicile. Les apports de cette étape de la recherche de développement concernaient la procédure d'implantation de la VSI, la performance de la VSI, la qualité de l'image envoyée avec l'alerte et l'usage de la VSI pour une période prolongée.

Lors de cette étape de preuve de concept, la procédure d'implantation développée pour l'étape 2 a été reprise, complétée et validée pour être appliquée à la suite de cette thèse ; par exemple, le choix de l'installation de la VSI en équipe multidisciplinaire en se basant sur l'évaluation du domicile a été conservé et complété par les résultats de cette étape. Ainsi des espaces à privilégier pour l'installation des caméras ont été identifiés (ex : au dessus des fenêtres, perpendiculairement à la trajectoire de marche), ce qui est conforme à la littérature (Debard et al., 2012). La procédure développée lors de la preuve de concept a donc facilité l'implantation de la VSI à domicile et évité le processus d'essai-erreur mentionné dans l'étude de Chen et al (2013).

Cette étape de la thèse a aussi permis de valider la performance de la VSI dans différents contextes (ex : différentes pièces, différentes luminosités). Explorer l'usage de systèmes basés sur des caméras dans différents scénarios et sous différentes luminosités répondait aux recommandations de Debard et al. (2012) concernant l'usage de caméras à domicile pour la détection des chutes. De plus, ces contextes d'expérimentation (appartement-laboratoire et domicile) se rapprochaient des environnements dans lesquels vivent les aînés, or valider les technologies en contexte réel est une recommandation constante dans les revues de la littérature sur les technologies de détection des chutes (Atoyebi, Stewart, & Sampson, 2015; Lapiere et al., 2018). Cette étape de la thèse a aussi permis d'identifier, pour chaque type de pièce, des seuils optimums; ils ont été utilisés comme base pour le calibrage de la VSI lors de l'étape 4 ce qui a aussi contribué à faciliter l'implantation de la VSI à domicile.

Concernant l'image envoyée avec l'alerte lors de l'étape 3, elle a permis au répondant de comprendre la situation de la personne après la chute. La qualité de l'image a donc été jugée satisfaisante à cette étape ce qui encourage à conserver ce type d'image pour l'étape 4 : l'implantation de la VSI au domicile d'aînés. Les alertes mentionnées dans les études des revues de la portée ne transmettaient aucune image au destinataire, l'étape 3 a donc été indispensable pour le choix du format de l'alerte à envoyer au proche-aidant.

Enfin, la validation de la VSI à domicile pendant 28 jours a permis de vérifier le fonctionnement en continu de la VSI. Cette étape a mis en évidence certains défis techniques qui ont été résolus avant l'implantation au domicile des aînés (ex : empêcher les mises à jours automatiques de l'ordinateur). L'étape de preuve de concept a été indispensable pour que la perception des usagers recueillie durant l'étape 4 du projet soit uniquement reliée à la détection des chutes et aux fonctionnalités de la VSI et non à des bogues éventuels liés à l'ordinateur.

Étape 4. *Implantation de la VSI*

La dernière étape de la thèse visait à explorer l'implantation de la VSI au domicile de trois aînés avec leur proche-aidant comme destinataire de l'alerte en cas de chute. Cette étape a eu des apports spécifiques par rapport aux étapes précédentes, notamment concernant la population cible, l'implication des proches-aidants et les facteurs influençant l'implantation de la VSI au domicile d'aînés pour une période prolongée (deux mois).

L'apport principal de cette étape de la thèse est l'usage de la VSI par sa population cible, c'est-à-dire l'aîné chuteur vivant seul à domicile. Explorer l'usage de la VSI, son efficacité et la perception de ses usagers en conditions écologiques représente un apport considérable par rapport à la littérature : peu d'études ont exploré le fonctionnement de technologies de détection de chute basées sur des caméras à domicile (Atoyebi, Stewart, & Sampson, 2015; Lapierre et al., 2018; Stone & Skubic, 2015). Parmi ces dernières, aucune n'a impliqué les proches-aidants comme répondant de l'alerte en cas de chute, alors que son importance dans le soutien des aînés à domicile, notamment en cas de chute, a été démontré (Caron & Ducharme, 2007; Kuzuya et al., 2006; Zarit, Reever, & Bach-Peterson, 1980).

Impliquer les proches-aidants pour cette étape de recherche a permis d'explorer les conséquences de l'usage de la VSI sur leur fardeau grâce à l'échelle de Zarit (Zarit, Orr, & Zarit, 1985) et grâce aux questionnaires d'entrevue qualitative. Tous les proches-aidants participants ont mentionné un sentiment de sécurité lié à l'usage de la VSI. Ce sentiment concorde avec les études antérieures sur la VSI (Lapierre et al., 2015) et avec des études explorant l'opinion des usagers potentiels de technologies de détection des chutes (Broadbent et al., 2012; Marquis-Faulkes, McKenna, Newell, & Gregor, 2005).

Enfin, cette étape de recherche a permis d'identifier des facteurs influençant positivement ou négativement l'implantation de la VSI au domicile d'aînés chuteurs vivant seuls. Ces facteurs ont été identifiés grâce aux entrevues semi-structurées auprès des aînés et de leurs proches-aidants, grâce aux appels téléphoniques quotidiens, aux journaux de bord des proche-aidants et à celui tenu par l'étudiante pour documenter le fonctionnement de la VSI. Cette étape a donc répondu aux recommandations de Atoyebi et al. (2015) indiquant qu'explorer l'implantation de technologie de détection des chutes à domicile auprès de ses usagers est essentiel pour les rendre accessibles aux usagers et pour augmenter leur score au TRL (US Department of Energy, 1992). Le détail des facteurs est présenté dans la section 4.2. (plus bas).

4.2. Facteurs influençant l'implantation de la VSI au domicile d'aînés

Les facteurs ayant influencé l'implantation de la VSI à domicile sont présentés selon le Modèle de compétence qui a encadré, conceptuellement, l'ensemble de la thèse de recherche (Rousseau, 2017), soit les facteurs liés à : 1) la personne, 2) l'environnement, 3) et aux interactions personne-environnement.

4.2.1. Les facteurs liés aux caractéristiques de la Personne

Bien qu'elles soient rarement prises en compte dans la littérature, les caractéristiques de la personne doivent être considérées pour l'implantation de gérontechnologies (Chen & Chan, 2011; Mahmood, Yamamoto, Lee, & Steggell, 2008). Pour la thèse, les caractéristiques de l'aîné ont été recueillies de multiples façons (ex : questionnaires sociodémographiques, questionnaires qualitatifs, instruments d'évaluation). Les caractéristiques des participants de la thèse qui ont influencé l'implantation de la VSP puis de la VSI sont : 1) l'âge, 2) le niveau socio-économique, 3) les capacités cognitives, 4) les *a priori* sur la technologie.

Premièrement, l'âge de la personne a certainement une influence tant sur le fonctionnement de la technologie que sur la perception de l'aîné vis-à-vis de cette dernière. Dans la revue de portée (Lapierre et al., 2018), peu d'études ont impliqué des aînés, pourtant, la performance des technologies de détection des chutes peut différer selon l'âge de l'utilisateur (jeune adulte vs aîné) (Debard et al., 2012; Lapierre et al., 2018). De même, la VSI a généré davantage de fausses alertes avec les aînés que lors de sa preuve de concept avec de jeunes adultes. Cette différence peut s'expliquer par la marche plus instable des aînés et parce qu'ils sont davantage présents à domicile que les jeunes adultes. L'âge a aussi été pointé par les proches-aidants lors de l'étape 4, soit l'implantation de la VSI à domicile, comme un facteur pouvant influencer négativement l'usage de la technologie. Selon les proches-aidants, les aînés seraient moins familiers avec la technologie et cela entraverait leur usage de la technologie. Cependant, dans l'étape 4 (implantation de la VSI à domicile), l'âge n'a pas influencé la perception de la technologie : la participante A001 avait 87 ans, peu de connaissances en lien avec les technologies mais une opinion positive vis-à-vis d'elles tout au long du projet. Ces résultats concordent avec certaines études selon lesquelles l'âge n'empêche pas l'usage des gérontechnologies (Mahmood, Yamamoto, Lee, & Steggell, 2008; Peek et al., 2014).

Deuxièmement, le niveau socio-économique semble influencer l'implantation. Les résultats de cette recherche de développement (particulièrement les articles 4 et 6) indiquent qu'un niveau d'étude plus bas influencerait négativement la compréhension des technologies. Concernant l'acceptation, Peek et al. (2014) montrent, dans leur étude, qu'un niveau d'étude

élevé facilite l'acceptation des technologies; l'effet du niveau d'étude sur l'acceptation de la VSI devrait être davantage exploré. De plus, notre étude montre qu'un revenu annuel faible semble lié à la préoccupation concernant le coût du système. La littérature souligne que le coût des technologies est une préoccupation constante chez les usagers potentiels (Peek et al., 2014; Wagner, Basran, & Dal Bello-Haas, 2012). Cependant, dans notre étude, cette préoccupation n'a été mentionnée par aucun participant à revenu annuel élevé, elle n'a été soulevée que par les participants les moins aisés, ce qui suggère que le coût des technologies ne serait pas une préoccupation pour l'ensemble de ses usagers.

Troisièmement, les capacités cognitives semblent influencer la perception des gérontechnologies: les résultats des articles 4 et 6 montrent que les participantes ayant eu le plus faible score au MoCA (Nasreddine et al., 2005) sont celles ayant plus de difficultés à comprendre les technologies. Il semble que pour les participantes les plus atteintes cognitivement (F054 et A001) la confiance octroyée aux proches-aidants et à l'équipe de recherche ait pris une place plus importante que la compréhension du système. Ce constat concorde avec les extraits d'entrevues de ces participantes et l'absence d'intérêt quant au fonctionnement de la VSI de la part de l'une d'entre elles. Il n'existe pas de consensus dans la littérature concernant l'influence des capacités cognitives sur l'usage des technologies : les études de Peek et al. (2015) et Chen et al. (2013) montrent que les capacités cognitives peuvent limiter l'usage des technologies; cependant Mahmood et al. (2008) montrent qu'une déficience cognitive peut motiver l'utilisation des technologies dans une perspective de compensation des besoins. Ces différences dans la littérature, et avec notre projet, peuvent s'expliquer par le type de technologie : selon Chen et al. (2013), les aînés sont enclins à utiliser la technologie si elle est facile à utiliser (*ease of use*), et ce, même s'ils présentent des difficultés cognitives.

Quatrièmement, les *a priori* positifs quant aux technologies avant leur installation à domicile facilitent l'implantation. Cette perception a persisté lors des expérimentations ce qui concorde avec la littérature montrant que les préoccupations et l'acceptation des aînés avant l'usage de la technologie rejoignent leurs perceptions après l'usage de cette dernière (Chen & Chan, 2011; Peek et al., 2014).

4.2.2. Les facteurs liés à l'environnement humain

La dernière étape de la thèse, l'étude portant sur l'implantation (étape 4, article 6), a permis d'explorer la perception des proches-aidants. Les proches-aidants ont une influence certaine sur l'implantation de la VSI à domicile. Dans le cas de la dyade 1, c'est le proche-aidant qui a convaincu l'aîné de participer; pour la dyade 3, l'aînée s'en remettait entièrement à son proche-aidant pour la façon d'installer la VSI. Le soutien apporté par le proche-aidant, tel que mentionné dans la littérature, influence positivement l'usage de la technologie par l'aîné (Chen & Chan, 2013; Mahmood, Yamamoto, Lee, & Steggell, 2008; Peek et al., 2014).

Dans cette même étape de la thèse, une des particularités des résultats est que les proches-aidants étaient exclusivement des hommes. Toutes les femmes proches-aidantes contactées ont refusé de participer au projet. Ces résultats sont inhabituels puisque le profil type du proche-aidant est une femme, le plus souvent la fille ou la belle-fille de l'aîné (Ducharme, 2006; Wolff et al., 2017). Le refus des femmes proches-aidantes est aussi en contradiction avec une étude préliminaire sur la perception des proches-aidants concernant la VSI : les proches-aidants interrogés étaient majoritairement des femmes et elles étaient en faveur d'un tel système (Lapierre et al., 2015). Cette différence peut s'expliquer par le fait que pour l'implantation, les femmes proches-aidantes devaient utiliser le système alors que ce n'était pas le cas pour l'étude préliminaire. Selon la littérature, les hommes ont tendance à trouver les technologies utiles alors que les femmes sont plus sensibles à la difficulté de les utiliser (Goswami & Dutta, 2016; Mattila, Nyheim, & Zhang, 2014).

Enfin, l'étape 2 (la perception d'aînées chuteuses vis-à-vis de l'usage d'une version simplifiée de la VSI, la VSP) a montré que certains aînés peuvent se sentir stigmatisés parce qu'ils utilisent des technologies de *monitoring* à domicile ; ces dernières rappellent leur condition aux yeux de leur entourage. Certaines participantes n'ont pas communiqué leurs problèmes de santé à leurs proches et ne souhaitaient donc pas avoir à répondre à des questions par rapport à la présence de la VSP chez elles. Ce résultat est en lien avec les travaux de Brownsell & Hawley, (2004) qui rapportent que chez les aînés, le port d'appareils de détection des chutes est lié à une stigmatisation. Associée à la diminution du sentiment

d'efficacité personnelle, la stigmatisation réduit la perception de facilité d'utilisation des technologies (*Perceived Ease of Use*), qui est un facteur déterminant dans l'adoption des technologies (Bandura, 2003; Chen & Chan, 2011; Crocker, Major, & Steele, 1998). Même si la stigmatisation n'a pas été relevée lors de l'implantation à domicile de la VSI, un entourage bienveillant vis-à-vis de l'usage de gérontechnologies représente un facteur à considérer pour leur implantation à domicile.

4.2.3. Les facteurs liés à l'environnement non-humain

Les facteurs de l'environnement non-humain ayant influencé l'implantation de la VSI sont la taille des pièces du domicile, la luminosité, les ombres, les objets mobiles à domicile et le type de surface au sol. Lors de la preuve de concept, la performance de la VSI a été moins bonne dans les pièces plus petites, comme la salle de bain ($Sp = 96,88\%$) de l'appartement-laboratoire. De même, lors des implantations à domicile, la cuisine n'a pas pu être couverte par la VSI et dans la salle de bain, le nombre moyen de fausses alertes était de 0,63/jour. Cependant, Parra-Dominguez, Snoek, Taati, & Mihailidis, (2015) sont parvenus à une précision de 92% pour leur système de détection des chutes dans les escaliers, espace très exigu), grâce à une méthode de détection basée sur les mouvements du bas du corps. Leur méthode, même si elle n'a pas encore été validée pour une période prolongée auprès d'aînés, encourage à poursuivre les travaux de recherche sur ce type de technologie pour détecter les chutes dans les endroits exigus. Au contraire, les espaces plus grands tels que la chambre et le salon rapportent de meilleurs résultats (Sp et $Se = 100\%$ dans le salon de l'appartement-laboratoire). De même, les changements brusques de luminosité entravent le fonctionnement de la VSI lors de son implantation à domicile, ce qui est en concordance avec l'étude de Debard et al. (2012) montrant que différentes luminosités créent différentes difficultés liées, notamment, à la surexposition des images. La problématique des changements de luminosité est exacerbée lorsque plusieurs surfaces brillantes sont présentes dans l'environnement (ex : sol en carrelage, réfrigérateur en acier inoxydable etc.). Lorsque le système fonctionne en infrarouge, les surfaces brillantes réfléchissent l'éclairage infrarouge qui éblouit la caméra. Au

contraire, des surfaces mates facilitent l'implantation de la VSI ce qui peut expliquer partiellement les meilleures performances de la VSI chez la dyade 2 (le domicile de l'aîné A002 présentait moins de surfaces réfléchissantes, notamment grâce aux tapis installés au sol). Malgré son importance, ce facteur n'a pas été mis en évidence par d'autres études concernant la détection des chutes grâce à des systèmes de caméras; il s'agit d'un facteur qui démontre l'importance d'évaluer ce type de technologie dans des environnements différents.

De même, les ombres en mouvement variant au cours de la journée sont un facteur altérant la performance de la VSI. Ces ombres ont été particulièrement présentes lors de l'implantation chez la dyade 1 en raison de l'exposition du domicile au soleil à toute heure de la journée; lors de la preuve de concept, la lumière était suffisamment diffuse pour éviter la création de nombreuses ombres. Ce facteur n'a pas été soulevé dans les revues de la portée, probablement parce que la majorité des technologies étaient testées dans des environnements contrôlés où la luminosité était optimale ce qui favorisait l'absence d'ombres. Pourtant, il s'agit d'un facteur essentiel au bon fonctionnement de la VSI à domicile.

Concernant l'obstruction partielle de l'angle de vue des caméras, il faut noter que, contrairement à ce qui est exposé dans la littérature, elle n'a pas influencé la performance de la VSI, ni lors de sa preuve de concept, ni lors de l'implantation à domicile (Debard et al., 2012; Lapierre, Rousseau, St-Arnaud, & Meunier, In revision; Lapierre, St-Arnaud, Meunier, & Rousseau, En préparation). Les zones de détections définies dans l'environnement de l'aîné ont réduit l'influence de l'obstruction partielle de l'angle de vue : en considérant uniquement la partie visible de la trajectoire de l'aîné dans le calcul de pourcentage de pixels en mouvement, la performance de la VSI était maintenue. Cependant, la présence d'objets mobiles (ex : portes qui s'ouvrent) dans le champ de vision de la VSI a altéré son fonctionnement en augmentant le nombre de fausses alertes lors de la phase de calibrage; les mouvements brusques des portes étaient considérés par la VSI comme une chute, car il s'agissait d'un mouvement inhabituel suivi d'une immobilité; ce facteur concorde avec l'étude de Debard et al. (2012). Pour atténuer son influence, des zones d'exclusion pour la VSI ont été définies pour ne pas prendre en considération les objets en mouvement dans la détection de la chute. Appliquer des méthodes de détection plus avancées et détectant la silhouette de la personne serait une autre avenue potentielle pour pallier cette problématique (Auvinet,

Multon, Saint-Arnaud, Rousseau, & Meunier, 2011; Rougier, Meunier, St-Arnaud, & Rousseau, 2011).

Concernant la VSI en elle-même, huit facteurs de son développement ont influencé son implantation :

- 1) La petite taille de la VSI a facilité son acceptation, ce qui rejoint la littérature (Peek et al., 2014).
- 2) La flexibilité d'installation du système et l'absence de trace sur les murs du domicile lorsque l'on retire le système sont des facteurs facilitant l'acceptation de la technologie auprès des aînés. Même lorsque la VSI sera disponible pour sa commercialisation, privilégier une installation modifiant au minimum le domicile pourrait influencer positivement la perception des aînés et de leurs proches-aidants.
- 3) Les proches-aidants s'inquiétaient du nombre de fausses alertes avant l'implantation, ce qui rejoint à la littérature (Peek et al., 2014). Même si ce facteur a influencé leur perception *a priori* vis-à-vis du système, recevoir des fausses alertes n'a pas altéré leur opinion après l'implantation.
- 4) L'usage de la VSI et de la VSP n'a nécessité aucune action de la part des participants, ce qu'ils ont apprécié. Ce facteur concorde avec la littérature mettant en évidence l'importance du concept de facilité d'utilisation perçue (*perceived ease of use*) lors de l'acceptation des technologies (Chen & Chan, 2011; Davis, 1985).
- 5) La versatilité du système, notamment pour définir des plages horaires d'enregistrement pour la VSP et de détection pour la VSI, a été appréciée par les participants. Ils ont considéré que la possibilité de choisir les plages horaires contribuait au respect de leur vie privée. Pour la VSP, cette option a donné aux aînés un sentiment de contrôle sur la technologie. Dans la revue de la littérature de Peek et al (2004), le contrôle sur la technologie a aussi été mentionné comme facilitant l'implantation des gérontechnologies.
- 6) L'option d'enregistrement des 30 secondes avant la chute a été demandée par les trois dyades de l'implantation de la VSI. Il s'agit aussi d'une option appréciée par les aînés, les proches-aidants et les professionnels de la santé lors des études préliminaires

(Lapierre et al., 2016, 2015; Londei et al., 2009). Ces résultats suggèrent que cette option favorise l'acceptation de la VSI et amène un volet complémentaire à la détection de la chute pertinent pour en identifier les causes.

- 7) Le brouillage des images a été une condition importante à la participation de certains aînés (notamment pour l'étape 2 portant sur la perception d'aînées chuteuses vis-à-vis de l'usage d'une version simplifiée de la VSI, la VSP). Cependant, dans les études préliminaires impliquant les usagers potentiels de la VSI, les images les plus nettes ont été préférées (Lapierre et al., 2016, 2015; Londei et al., 2009). Proposer cette option représente donc une valeur ajoutée à la VSI afin de répondre aux attentes et préférences des aînés.
- 8) Le coût de la technologie, même s'il s'agit d'une notion qui a été relevée dans la littérature (Peek et al., 2014) comme étant une préoccupation, n'a pas semblé influencer l'implantation de la VSI. Dans le contexte de l'étape 4 de la thèse, les participants n'avaient aucun coût à défrayer pour la VSI, ce qui explique cette différence avec la littérature. Cependant, deux participants (dyade 2) ont mentionné qu'il s'agit d'un facteur important pour eux, à la fois lors du développement de la VSI ainsi que lorsqu'elle sera accessible.

4.2.4. Les facteurs liés aux interactions personne-environnement

Dans leur étude, Hall et al., (2017) montrent que la principale raison d'utiliser les technologies pour les aînés est la sécurité. Ceci est mis en évidence par certains de nos participants (ex : P002). Dans l'étude de Hall et al. (2017), le sentiment de sécurité apporté par les technologies surpasse l'impression d'atteinte à la liberté ou à la vie privée que leur usage peut générer. Ainsi, la participante A001 a semblé bénéficier davantage de la VSI que le participant A002 : elle mentionnait un sentiment de sécurité lié à la présence de la VSI. Cette différence peut s'expliquer par le fait que le participant A002 se sentait déjà en sécurité au début du projet alors que la participante A001 se sentait seule et incapable de demeurer chez elle encore longtemps. Ces résultats rejoignent la perception des participantes de nos études

antérieures où certains aînés mentionnaient ne pas avoir besoin de la VSI, car leur condition était encore suffisamment bonne (Londei et al., 2009). Autrement dit, la situation de handicap favorise l'implantation de ce type de technologie pour améliorer la qualité de vie de l'aîné (Rousseau, 2017; Rousseau, Potvin, Dutil, & Falta, 2002). Ces résultats rejoignent le modèle développé par Mahmood et al. (2008) considérant les gérontechnologies comme un mécanisme compensatoire dans les interactions personne-environnement.

Un autre facteur de l'interaction personne-environnement favorisant l'implantation de technologies selon la littérature est la performance du système, notamment l'absence de fausse alerte (Peek et al., 2014). Le peu de fausses alertes durant le prétest à domicile pourrait s'expliquer par le fait que les adultes vivant dans l'appartement étaient absents durant la journée, période durant laquelle les ombres peuvent déclencher de fausses alertes plus fréquemment. De plus, les lampes installées dans l'appartement étaient majoritairement des plafonniers à lumière diffuse évitant la multiplication des ombres. Ces facteurs influencent donc le bon fonctionnement de gérontechnologies comme la VSI et doivent être considérés lors de futures implantations.

Plusieurs participants ont relevé la peur de heurter le système (VSI ou VSP), ou la crainte que le positionnement de la technologie n'entrave les déplacements dans le domicile. Cette crainte a aussi été relevée dans la revue de littérature de Peek et al. (2004) sur l'acceptation des technologies par les aînés. Impliquer les usagers dans l'installation de la technologie (et non uniquement pour le développement) s'avère donc primordial. Les impliquer dans l'installation de systèmes de caméras permet aussi de définir des zones temporelles et spatiales de détection des chutes adaptées à leur routine et leur risque de chute; la performance du système s'en trouve ainsi améliorée.

Enfin, la procédure d'implantation est un facteur indispensable à considérer lors de l'implantation de technologies de détection des chutes (Moullin, Sabater-Hernández, Fernandez-Llimos, & Benrimoj, 2015). L'évaluation du domicile, la phase de calibrage et le soutien quotidien par téléphone ont favorisé l'implantation de la VSI; ils faciliteraient l'implantation d'autres gérontechnologies à domicile et permettraient d'éviter de procéder par essais-erreurs comme cela a été le cas dans l'étude de (Chen, Harniss, Patel, & Johnson, 2014).

4.3. Considérations conceptuelles en lien avec l'implantation de la VSI

Le Modèle de compétence, cadre conceptuel de l'ensemble la thèse, a été choisi pour cette recherche de développement, car il s'agit d'un modèle développé spécifiquement pour analyser la relation personne-environnement, notamment à domicile, avec la population ayant une déficience motrice, ce qui correspond à notre population cible (Rousseau, 2003, 2017; Rousseau, Potvin, Dutil, & Falta, 2002). L'ensemble des concepts du Modèle de compétence a été considéré pour cette implantation (Rousseau, Potvin, Dutil, & Falta, 2002). Le concept d'environnement a été une part importante de l'implantation; dans le Modèle de compétence, il est composé de quatre niveaux : le microsystème, le mésosystème, l'exosystème et le macrosystème. Tous les niveaux de l'environnement ont été considérés pour l'implantation de la VSI, mais une importance différente a été accordée à chacun d'entre eux. La question de recherche générale concernait le microsystème, il s'agit donc du niveau central à l'implantation, c'est-à-dire la relation directe de la personne avec son environnement immédiat, ici son domicile et son proche-aidant. Le niveau du mésosystème a été moins important pour ce projet. En effet, à cause de leur condition de santé, les participants de l'implantation à la VSI ont limité leur sorties hors du domicile tel que cela a été documenté par le questionnaire inspiré du SAFE et par l'échelle FES-I. L'exosystème a été pris en compte dans l'implantation : l'environnement familial et professionnel des proches-aidants a été documenté et les résultats sont discutés en tenant compte de ce système. Finalement, le macrosystème, incluant la culture et les lois de la société dans laquelle évoluent les participants a été considéré pour l'implantation de la VSI à domicile. Le rôle de la culture pourrait avoir une incidence sur l'implantation de technologies à domicile. En effet, l'étude de Straub et al., (1997) démontre que le TAM ne s'applique pas au Japon alors qu'il s'applique aux États-Unis et en Suisse. D'autre part, le rôle de l'aîné considéré était celui de bénéficiaire de soin (proche-aidé) en lien avec le contre-rôle de proche-aidant (Rousseau, 2017). Ainsi, les autres rôles potentiels de l'aîné (ex : rôle auprès des amis ou du reste de la famille) n'ont pas

été explorés dans la présente étude. Cependant, aucun participant des étapes 2 et 4 n'a mentionné un autre rôle que celui de bénéficiaire de soin, ce qui suggère que les autres rôles des aînés ne sont pas des facteurs influençant l'implantation de système de détection des chutes à domicile.

Certains facteurs, tels que le soutien apporté par le proche-aidant, présentés en section 6.2 (*Facteurs influençant l'implantation de la VSI*) correspondaient à des concepts inclus dans certains modèles présentés dans la recension des écrits de la thèse (sections 1.11.1 et 1.11.2). Ces facteurs se sont avérés pertinents pour l'implantation à domicile de la VSP et de la VSI et ont été considérés dans cette recherche de développement. Ils ont été classés selon les concepts du Modèle de compétence. C'est le cas par exemple du concept de facilité d'utilisation perçue (*perceived ease of use*) du TAM inclus dans l'environnement non-humain et la personne; ou encore du soutien humain évoqué par Mahmood et al. (2008) qui est inclus dans l'environnement humain. De même, les éléments d'implantation à considérer selon Moullin et al. (2005), soit le processus d'implantation, les caractéristiques de l'innovation, le contexte d'implantation, les facteurs et les stratégies d'implantation, ont été répartis au sein des trois concepts principaux du Modèle de compétence Personne, Environnement et Interaction (Rousseau et al. 2002). Tous les éléments mentionnés par Durlak et al., (2008) ont aussi été renseignés dans la présente thèse et classés selon le Modèle de compétence (ex : le support apporté, mentionné par les auteurs, est inclus dans l'environnement humain). Peek et al., (2015) montrent que certains prédicteurs de l'usage des technologies par les aînés ne sont pas inclus dans les modèles TAM et UTAUT. Le Modèle de compétence permet quant à lui de réunir les facteurs évoqués par différents modèles et ceux soulevés par les résultats de cette thèse au sein d'un seul modèle. Il a d'ailleurs déjà été utilisé avec succès dans de précédentes études en lien avec la VSI (Lapierre et al., 2016, 2015; Londei et al., 2009).

4.4 Limites et forces de la thèse

Les limites et les forces de cette recherche de développement sont présentées selon chaque devis dans les deux sections suivantes.

4.4.1. Limites

La principale limite des revues de la portée est liée au devis de recherche utilisé : le but des revues de la portée était de recenser les technologies de façon exhaustive mais sans évaluer la qualité des sources (Daudt, Van Mossel, & Scott, 2013). L'exhaustivité visée nous a amené à inclure des études hétérogènes tant pour les devis, les conditions expérimentales ou les effets et leurs mesures, ce qui empêche de comparer les résultats des différentes études.

La preuve de concept présentait une limite à sa validité externe : la VSI a été testée dans seulement deux environnements différents (un appartement et l'appartement-laboratoire du CRIUGM). Cette limite a été minimisée en exposant le système à différentes pièces et luminosités. De même, la validité interne de la preuve de concept a pu être limitée, car la VSI a été exposée à des simulations et non directement aux activités et aux chutes d'aînés lors de cette étape. Cependant, ce biais a été minimisé par l'implication d'une équipe de recherche familière avec les activités et les chutes des aînés (expérience clinique avec les aînés à domicile) pour la conception des scénarios de simulation. De plus, afin de s'assurer de leur exhaustivité, les scénarios des simulations ont été basés sur l'ÉDIPE (Rousseau, 2013, 2016).

Concernant les études de cas multiples, la crédibilité (Contandriopoulos, Champagne, Potvin, Denis, & Boyle, 2005) des résultats des deux études (étape 2 et étape 4) a pu être menacée par un biais de désirabilité : les participants ont pu chercher à plaire lors des entrevues semi-structurées et ainsi être plus favorables aux VSP et VSI que ce qu'ils ressentaient (Fortin & Gagnon, 2015). Cependant, ce biais a été minimisé par la triangulation des sources de données : l'avis des aînés a été consulté lors des entrevues semi-structurées à plusieurs reprises durant le projet et lors des entretiens téléphoniques quotidiens (Creswell,

2009). Quant à la transférabilité des résultats des études de cas multiples, elle est limitée aux contextes similaires à ceux présentés dans chaque cas. Nous avons recruté principalement des participants avec un niveau socioculturel élevé, les proches-aidants étaient uniquement des hommes sans enfant à charge et peu de diversité culturelle a été représentée dans nos études (Lapierre et al., Submitted; Lapierre, St-Arnaud, Meunier, & Rousseau, En préparation). L'OMS (2015) indique que les proches-aidants sont principalement des femmes; nos résultats sont donc inédits. D'autres caractéristiques habituelles des proches-aidants sont qu'ils vivent à moins de trente minutes de l'aîné et que la majorité d'entre eux ont entre 75-84 ans (Wolff et al., 2017). Le profil qu'ils dépeignent est différent de celui des proches-aidants ayant participé à l'implantation de la VSI à domicile, à la fois pour le genre, l'âge ou le temps de trajet, ce qui peut limiter la transférabilité de nos résultats.

4.4.2. Forces

Concernant les revues de la portée, deux biais ont été contrôlés : le biais de publication et le biais de l'évaluateur (Liberati et al., 2009). Le biais de publication a été contrôlé en menant la recherche de la littérature dans plusieurs banques de données, en intégrant plusieurs types de publications (ex. résumés de conférences, articles scientifiques) et en incluant les sources publiées en trois langues (anglais, français, espagnol). Le biais de l'évaluateur a été minimisé d'une part par l'implication d'une équipe multidisciplinaire (réadaptation, gérontologie et ingénierie) et d'autre part par la réalisation de chaque étape de collecte et d'analyse des données de façon indépendante par deux membres de l'équipe de recherche avant une comparaison des résultats obtenus (Arksey & O'Malley, 2005; Daudt, Van Mossel, & Scott, 2013). Enfin, une dernière force de ces revues de la portée est l'utilisation, telle que conseillée par Daudt et al. (2013), d'échelles validées pour analyser les données obtenues (ex : TRL) (US Department of Energy, 1992).

Les forces de la preuve de concept résident dans les scénarios testés. Ils comprennent des chutes depuis différentes positions (ex : debout, couché), tel que recommandé par Debard et al. (2012). Les scénarios impliquent différentes luminosités, tailles de pièces et des activités différentes dans le but d'exposer la VSI à des contextes variés (Ariani, Redmond, Chang, & Lovell, 2010; Rousseau, 2013). De plus, la validation d'un système de caméras à domicile sur une période prolongée, soit 28 jours, est rare dans la littérature (Lapierre et al., 2018).

Les conditions de l'intervention étant particulièrement importantes dans ces devis, les devis d'études de cas multiples mettant l'emphasis sur le contexte sont donc appropriés pour répondre à notre question de recherche. La crédibilité des résultats des études de cas (Devers, 1999; Miles, Huberman, & Saldana, 2014) a été assurée par la triangulation des sources de données, par exemple: les aînés ont été interrogés à plusieurs reprises sur leur réceptivité et leur perception concernant la VSI (en T0, T3 et T4), cette variable a été aussi étudiée grâce aux appels téléphoniques quotidiens. D'autre part, la détection des chutes par la VSI a été croisée avec les chutes rapportées par l'aîné et par le proche-aidant. Le modèle conceptuel choisi a permis d'envisager le phénomène de façon exhaustive; il remplit donc le principe d'explication grâce à la complexité des mécanismes et des facteurs qu'il met en jeu. Son utilisation a déjà fait ses preuves pour cette thématique de recherche (Lapierre et al., 2016, 2015; Londei et al., 2009). La transférabilité des résultats (Devers, 1999; Miles, Huberman, & Saldana, 2014) a été assurée par le respect du principe de robustesse, c'est-à-dire que les contextes de cas choisis ont été variés : les domiciles choisis présentaient diverses caractéristiques (ex : nombre de pièces, disposition, luminosité du domicile, etc.), le profil sociodémographique des aînés (c.-à-d. âge, niveau d'éducation, etc.) et les causes de leurs chutes étaient variés (c.-à-d. causes inconnues, maladie de Parkinson, syncopes, etc.). Cette hétérogénéité est conforme à ce que Yin (2014) préconise pour la réalisation des études de cas multiples. Le contexte de chaque cas a été relevé dans les journaux de bord. La fiabilité et la confirmabilité (Devers, 1999; Miles, Huberman, & Saldana, 2014) ont été assurés par la tenue d'un journal de bord afin de prendre en compte le maximum de facteurs susceptibles d'influencer les résultats. Les questionnaires utilisés pour l'étape 4 ont été inspirés des questionnaires utilisés pour l'étape 2. À partir de cette étape et de la preuve de concept, les

questionnaires ont été ajustés afin de prendre en compte les facteurs d'implantation mis en évidence par la littérature et les étapes préliminaires à l'implantation.

4.5. Recommandations pour de futures implantations

Les recommandations tirées de cette recherche de développement sont présentées selon le Modèle de compétence.

Recommandations liées à la Personne. L'étape d'implantation à domicile a soulevé la question de la population cible pouvant bénéficier de la VSI. Le système a été développé en considérant les chutes graves des aînés, c'est-à-dire celles pour lesquelles l'aîné ne réussirait pas à se relever. La population cible pouvant bénéficier de la VSI serait donc composée d'individus à fort risque de chute et avec des difficultés à se relever après la chute. Le système a une meilleure performance lorsque la vitesse de marche est constante, ce qui peut expliquer, en partie, les différences de performance entre les deux aînés de l'étape 4. Par exemple, l'un des aînés n'avait pas une démarche constante, qualifiée d'« impulsive » par le proche-aidant. D'autre part, les personnes en perte d'indépendance seraient plus à même de bénéficier de la VSI. En effet, les deux aînés participants de l'étape 4 ont mentionné la perte d'indépendance comme un facteur influençant leur envie de garder la VSI de façon permanente; ce qui est en concordance avec nos études précédentes et avec la littérature (Hall, Brown, Stanmore, & Todd, 2017; Londei et al., 2009; Peek et al., 2014).

Recommandations liées à l'Environnement. Les recommandations liées à l'environnement non-humain sont liées au développement de la technologie et à son installation à domicile : 1) Le développement technologique doit privilégier des équipements à moindre coût pour satisfaire les besoins de ses usagers (Chen & Chan, 2013; Lapierre, St-Arnaud, Meunier, & Rousseau, En préparation). 2) Les deux étapes d'implantation et la

littérature montrent que le respect de la vie privée des aînés doit être au centre du développement des gérontechnologies (Peek et al., 2014; Wagner, Basran, & Dal Bello-Haas, 2012). 3) Développer des technologies faciles d'utilisation pour les aînés devrait être une priorité dans le but de répondre aux besoins évoqués par les participants et prendre en considération le concept de *perceived ease of use* évoqué dans le modèle TAM (Davis, 1985; Holden & Karsh, 2010). 4) L'installation de système de caméras doit tenir compte des éléments mobiles de l'environnement (ex : portes, télévision). À la lumière de nos résultats et de ceux des travaux de Debard et al (2012), les caméras devraient être installées le plus haut possible, dans les coins de la pièce et au-dessus des fenêtres pour éviter les changements brusques de luminosité et les ombres. Dans les pièces les plus petites, le système pourrait être complété par une autre technologie (ex : microphones) pour limiter les fausses alertes. 5) Le développement de la technologie devrait être centré sur l'utilisateur et impliquer les proches-aidants (Garrety & Badham, 2004; Lapierre et al., 2015). Une conception centrée sur l'utilisateur répondrait aux demandes des aînés (Londei et al., 2009), et aux recommandations de l'OMS (2015). De plus, proposer un maximum d'options rendrait le système suffisamment flexible pour répondre aux demandes parfois contradictoires des aînés et de leurs proches-aidants.

Concernant l'environnement humain, compte tenu de l'importance des proches-aidants pour le maintien à domicile (Caron & Ducharme, 2007; Wolff et al., 2017) et de leur fardeau (Zarit, Reever, & Bach-Peterson, 1980), il serait pertinent qu'ils puissent recevoir l'alerte en cas de chute s'ils le souhaitent. Cela répond à leur demande dans nos précédentes études (Lapierre et al., 2015). De plus, pour répondre aux besoins des aînés exprimés dans cette thèse et dans la littérature, il serait préférable que les proches-aidants recevant l'alerte puissent procurer des conseils et rassurer l'aîné vis-à-vis l'usage de la technologie; ainsi impliquer des proches-aidants familiers des technologies ou encore offrir des formations pourrait être bénéfique pour de futures implantations (Chen & Chan, 2013; Mahmood, Yamamoto, Lee, & Steggell, 2008).

Recommandations liées aux Interactions personne-environnement. La principale recommandation en lien avec les interactions personne-environnement est de développer une procédure d'implantation de la technologie à domicile. Cette procédure pourrait inclure : 1)

une évaluation du domicile afin de tenir de sa complexité lors de l'implantation, 2) s'adapter à la routine des aînés (Chen et al., 2014) et de leurs proches-aidants, 3) leur procurer un soutien humain (Chen & Chan, 2013; Mahmood, Yamamoto, Lee, & Steggell, 2008). 4) les interactions de la personne avec son environnement devraient être intégrées lors de l'implantation du système : des zones de détection pourraient être définies selon les zones à risque du domicile des aînés et selon leurs activités, 5) l'installation des caméras devrait privilégier un axe de vue perpendiculaire aux trajectoires de marche des aînés et éviter de faire face aux surfaces brillantes, aux objets mobiles ou aux ombres pour faciliter la détection des chutes.

4.6. Perspectives de recherches futures

Cette recherche de développement répond à de nombreux manques identifiés dans la littérature, notamment explorer l'usage de la technologie à domicile avec des aînés chuteurs et leur proches-aidants comme répondants de l'alerte (Atoyebi, Stewart, & Sampson, 2015; Lapierre et al., 2018). De plus, peu de données sur l'implantation de la technologie sont fournies dans la littérature (ex : le coût de la technologie, sa perception par les usagers). Pour étendre les connaissances sur l'implantation de technologies similaires à la VSI, de futures études devraient impliquer d'autres macro-systèmes (soit d'autres régions ou pays) afin d'explorer leur influence sur l'implantation et sur la performance de la VSI. De plus, l'évaluation de différentes technologies de détection des chutes à domicile permettrait d'avoir une meilleure idée des technologies les plus prometteuses comparativement à celles qui le sont moins.

De même, évaluer les effets des technologies de détection de chute sur la qualité de vie des aînés et de leurs proches-aidants répondait à un manque mis en évidence dans cette recherche de développement. Les résultats concordent avec la littérature: les technologies peuvent influencer la qualité de vie et d'autres variables de santé (Hall, Brown, Stanmore, & Todd, 2017; Hawley-Hague, Boulton, Hall, Pfeiffer, & Todd, 2014; Mahmood, Yamamoto,

Lee, & Steggell, 2008; Peek et al., 2015). Cependant leurs effets sont rarement explorés quantitativement, ce qui devrait faire l'objet de futures recherches. Un effet à explorer davantage serait l'influence des technologies sur les comportements des aînés : la VSP et la VSI ont amené certains participants à modifier leurs habitudes, notamment concernant la nudité, qu'ils ont tenté d'éviter dans les pièces couvertes par les systèmes. De même, une participante de l'étape 4 a mentionné avoir modifié ses comportements au profit de plus de prudence dans ses déplacements. Ces modifications de comportements, liées à l'implantation de gérontechnologies à domicile, pourraient être davantage explorées afin de mieux comprendre leurs implications.

En outre, la préoccupation évoquée par certaines participantes de l'étape 2 concernant la stigmatisation sociale liée à l'usage de gérontechnologies ambiantes n'a pas été évoquée par les participants de l'étape 4. Dans cette dernière étape, aucun participant n'a caché la présence de la VSI à son entourage. Cette différence pourrait s'expliquer par l'implication du proche-aidant dans l'étape 4 ou encore, par la problématique visée lors de l'usage de technologies (ex : incontinence versus chute). Cependant, le lien entre l'implantation des technologies ambiantes et une stigmatisation sociale devrait faire l'objet d'études afin de comprendre ce qui l'engendre et quels sont ses effets sur l'implantation de technologies.

Également, la VSI pourrait être intégrée à un environnement intelligent avec différentes technologies d'observation de la santé (ex : suivi de la pression artérielle) et de surveillance (ex : intrusion de domicile). Cette approche répondrait aux attentes des aînés (Lapierre, St-Arnaud, Meunier, & Rousseau, En préparation; Londei et al., 2009) et des proches-aidants (Lapierre et al., 2015; Lapierre, St-Arnaud, Meunier, & Rousseau, En préparation). Intégrer la VSI dans un système de maison intelligente augmenterait aussi la fiabilité de la détection des chutes (ex : des études ont utilisé des technologies ambiantes mixtes avec des caméras et des microphones; par exemple Feldwieser et al., (2014)). Cependant peu de technologies de détection combinent plusieurs méthodes de détection de chute (Lapierre et al., 2018), ce qui peut s'expliquer par le besoin, pour les ingénieurs, de développer et valider les technologies individuellement. De plus, l'intégration de la VSI dans un système de maison intelligente soulève des questionnements éthiques : l'internet des objets, c'est-à-dire le réseau d'objets connectés à internet et capables de recevoir, traiter et transmettre

des données (Saleh, 2017), implique souvent l'envoi de données dans un Nuage (*Cloud*). Ce fonctionnement va à l'encontre d'un principe important de la VSI visant à protéger la vie privée de l'utilisateur : le fonctionnement en circuit fermé et l'absence de transmission de données personnelles à l'exception de l'alerte après la chute.

Les caractéristiques liées à la personne favorisant l'implantation de la VSI (c.-à-d. le risque élevé de chutes graves, l'incapacité à se relever après une chute, des difficultés à la marche et une autonomie réduite) peuvent concerner d'autres populations que les aînés (ex : adultes épileptiques vivant seuls, jeunes adultes atteints de syndromes cérébelleux); ainsi l'usage de la VSI pourrait faire l'objet d'étude avec d'autres populations.

Conclusion

Cette thèse visait à répondre à la problématique des chutes des aînés à domicile grâce à l'implantation d'un système de vidéosurveillance intelligente pour détecter les chutes et alerter automatiquement le proche-aidant. Chaque étape de recherche préalable à l'implantation a servi à bonifier la technologie et développer une procédure pour faciliter son implantation à domicile. Les différentes étapes de la recherche de développement ont permis 1) d'identifier des facteurs influençant l'implantation de la vidéosurveillance intelligente, 2) d'émettre des recommandations concernant de futures implantations à domicile et 3) d'entrevoir des perspectives de recherches futures. Cette recherche de développement a permis d'adapter la VSI pour son implantation grâce à plusieurs étapes de recherche (des revues de la portée, une preuve de concept, étude de cas multiple) puis de montrer la faisabilité de son implantation. Même si des défis persistent quant à son implantation à domicile (ex : réduire l'écart de performance du système entre l'appartement-laboratoire et le domicile), cette étude encourage la poursuite du développement de la VSI.

Cette recherche est originale, notamment sur trois aspects. Premièrement le développement technologique a été réalisé avec une équipe multidisciplinaire impliquant plusieurs expertises indispensables au développement de gérontechnologies : la réadaptation, la gérontologie et l'ingénierie. Deuxièmement, la perception des usagers a été au cœur du développement de la VSI qui s'est appuyé sur la perception d'aînés vis-à-vis d'une technologie préalable à la VSI, la VSP. Troisièmement, l'implantation d'une technologie ambiante, basée sur l'usage de caméras dans différents domiciles auprès d'aînés ayant des problématiques de santé différentes est un apport nouveau à la littérature scientifique. Effectivement, les études recensées dans la revue de la portée sur les technologies de détection impliquent rarement les contextes « réels » d'aînés vivant à domicile.

Même si cette recherche de développement répond à un manque dans la littérature, de futures recherches devraient être réalisées pour augmenter la transférabilité des résultats : les proches-aidants impliqués pourraient inclure des femmes, la durée d'implantation de la VSI

pourrait être plus longue (ex : un an). De même, valider la VSI grâce à un devis de recherche quantitatif permettrait de généraliser les résultats. Grâce à ces prochaines étapes de recherche, les effets de la VSI sur le maintien à domicile et dans la communauté ainsi que sur le fardeau des proches-aidants pourraient être démontrés; la VSI pourrait ensuite devenir accessible aux aînés.

Bibliographie

- Agence de santé publique du Canada. (2005). *rapport sur les chutes des aînés au Canada*. Consulté à l'adresse <http://publications.gc.ca/collections/Collection/HP25-1-2005F.pdf>
- Agence de santé publique du Canada. (2014). *Chutes chez les aînés au Canada: deuxième rapport*. Consulté à l'adresse http://epe.lac-bac.gc.ca/100/201/301/liste_hebdomadaire/2014/electronique/w14-36-U-F.html/collections/collection_2014/aspc-phac/HP25-1-2014-fra.pdf
- Albaret, J.-M., & Aubret, E. (2001). *Vieillesse et psychomotricité*. Paris: Solal.
- Algase, D. L., Moore, D. H., Vandeweerdt, C., & Gavin-Dreschnack, D. J. (2007). Mapping the maze of terms and definitions in dementia-related wandering. *Aging & Mental Health*, 11(6), 686-698. doi:10.1080/13607860701366434
- Alzheimer's disease international. (2016). *World Alzheimer Report 2016 - Improving healthcare for people living with dementia: Coverage, quality and costs now and in the future* (p. 140).
- Anstey, K. J., Burns, R., von Sanden, C., & Luszcz, M. A. (2008). Psychological Well-Being Is an Independent Predictor of Falling in an 8-Year Follow-Up of Older Adults. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 63(4), P249-P257. doi:10.1093/geronb/63.4.P249
- Ariani, A., Redmond, S. J., Chang, D., & Lovell, N. H. (2010). Software simulation of unobtrusive falls detection at night-time using passive infrared and pressure mat sensors. In *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2010 Annual International Conference of the IEEE* (p. 2115–2118). IEEE. Consulté à l'adresse http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5627202
- Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). Scoping studies: towards a methodological framework. *International Journal of Social Research Methodology*, 8(1), 19-32. doi:10.1080/1364557032000119616
- Ataollahi, S. E., Mun, C. Y., Ng, C. K., & Hamid, T. A. (2015). Mild cognitive impairment and its management in older people. *Clinical Interventions in Aging*, 687. doi:10.2147/CIA.S73922

- Atoyebi, O. A., Stewart, A., & Sampson, J. (2015). Use of Information Technology for Falls Detection and Prevention in the Elderly. *Ageing International*, 40(3), 277-299. doi:10.1007/s12126-014-9204-0
- Auvinet, E., Multon, F., Saint-Arnaud, A., Rousseau, J., & Meunier, J. (2011). Fall detection with multiple cameras: an occlusion-resistant method based on 3-D silhouette vertical distribution. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 15(2), 290-300. doi:10.1109/TITB.2010.2087385
- Bandura, A. (2003). *Auto-Efficacité le sentiment d'efficacité personnelle* (1^{re} éd.). Paris: De Boeck Université.
- Bloch, F. (2015). Les complications non traumatiques des chutes : des conséquences trop souvent négligées chez la personne âgée. *NPG Neurologie - Psychiatrie - Gériatrie*, 15(88), 188-190. doi:10.1016/j.npg.2015.02.001
- Bourennane, W., Charlon, Y., Bettahar, F., Campo, E., & Esteve, D. (2013). Homecare monitoring system: A technical proposal for the safety of the elderly experimented in an alzheimer's care unit. *Irbm*, 34(2), 92-100. doi:10.1016/j.irbm.2013.02.002
- Bourke, A. K., Prescher, S., Koehler, F., Cionca, V., Tavares, C., Gomis, S., ... Nelson, J. (2012). Embedded fall and activity monitoring for a wearable ambient assisted living solution for older adults. *Conference Proceedings: ... Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society, 2012*, 248-51. doi:10.1109/EMBC.2012.6345916
- Broadbent, E., Tamagawa, R., Patience, A., Knock, B., Kerse, N., Day, K., & MacDonald, B. A. (2012). Attitudes towards health-care robots in a retirement village. *Australasian Journal on Ageing*, 31(2), 115-20. doi:10.1111/j.1741-6612.2011.00551.x
- Bronswijk, J. E. M. H. V. (2014). Master class: The 4th pillar under gerontechnology. *Gerontechnology*, 12(2). doi:10.4017/gt.2013.12.2.003.00
- Bulat, T., Kerrigan, M. V., Rowe, M., Kearns, W., Craighead, J. D., & Ramaiah, P. (2016). Field Evaluations of Tracking/Locating Technologies for Prevention of Missing Incidents. *American Journal of Alzheimer's Disease and Other Dementias*, 31(6), 474-480. doi:10.1177/1533317515619479

- Burns, E. R., Stevens, J. A., & Lee, R. (2016). The direct costs of fatal and non-fatal falls among older adults - United States. *Journal of Safety Research*, 58, 99-103. doi:10.1016/j.jsr.2016.05.001
- Caron, C. D., & Ducharme, F. (2007). Les proches-aidants des personnes âgées. In *Précis pratique de gériatrie* (3ème, p. 1270). Canada: Edisem inc.
- Carrat, F., Mallet, M., & Morice, V. (2013). Biostatistique. Consulté à l'adresse <http://www.chups.jussieu.fr/polys/biostats/poly/stats.pdf>
- Charlon, Y., Bourennane, W., Bettahar, F., & Campo, E. (2013). Activity monitoring system for elderly in a context of smart home. *Irbm*, 34(1), 60-63. doi:10.1016/j.irbm.2012.12.014
- Chaudhuri, S., Thompson, H., & Demiris, G. (2014). Fall Detection Devices and their Use with Older Adults: A Systematic Review. *Journal of geriatric physical therapy* (2001), 37(4), 178-196. doi:10.1519/JPT.0b013e3182abe779
- Cheek, P., Nikpour, L., & Nowlin, H. D. (2005). Aging well with smart technology. *Nursing Administration Quarterly*, 29, 329-338.
- Chen, K., & Chan, A. H. S. (2011). A review of technology acceptance by older adults. *Gerontechnology*, 10(1). doi:10.4017/gt.2011.10.01.006.00
- Chen, Ke, & Chan, A. H. (2013). Use or Non-Use of Gerontechnology—A Qualitative Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10(10), 4645-4666. doi:10.3390/ijerph10104645
- Chen, K.-Y., Harniss, M., Patel, S., & Johnson, K. (2014). Implementing technology-based embedded assessment in the home and community life of individuals aging with disabilities: a participatory research and development study. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 9(2), 112-120. doi:10.3109/17483107.2013.805824
- Cheng, A., Auerbach, M., Hunt, E. A., Chang, T. P., Pusic, M., Nadkarni, V., & Kessler, D. (2014). Designing and Conducting Simulation-Based Research. *PEDIATRICS*, 133(6), 1091-1101. doi:10.1542/peds.2013-3267
- Cipriani, G., Lucetti, C., Nuti, A., & Danti, S. (2014). Wandering and dementia. *Psychogeriatrics*, 14(2), 135-142. doi:10.1111/psyg.12044

- Comité national d'éthique sur le vieillissement. (2015). *Avis n°1 aspects éthiques de l'utilisation de caméras vidéo dans les milieux de vie des aînés*. Québec, QC. Consulté à l'adresse
https://www.ivpsa.ulaval.ca/sites/ivpsa.ulaval.ca/files/avis_rapport_complet.pdf
- Contandriopoulos, A.-P., Champagne, F., Potvin, L., Denis, J., & Boyle, P. (2005). *Savoir préparer une recherche: la définir, la structurer, la financer*. Montréal: gaëtan morin éditeur.
- Creswell, John W. (2009). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and mixed Methods Approaches* (3rd ed). Thousand Oaks: SAGE Publication Inc.
- Crocker, J., Major, B., & Steele, C. (1998). Social Stigma. In *The Handbook of social psychology* (4^e éd., Vol. 2, p. 504-553). New York: The McGraw-Hill Companies Inc.
- Cuddihy, P. E., Yardibi, T., Legenzoff, Z. J., Liu, L., Phillips, C. E., Abbott, C., ... others. (2012). Radar walking speed measurements of seniors in their apartments: Technology for fall prevention. In *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2012 Annual International Conference of the IEEE* (p. 260–263). IEEE. Consulté à l'adresse http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6345919
- Damschroder, L. J., Aron, D. C., Keith, R. E., Kirsh, S. R., Alexander, J. A., & Lowery, J. C. (2009). Fostering implementation of health services research findings into practice: a consolidated framework for advancing implementation science. *Implementation Science*, 4(1). doi:10.1186/1748-5908-4-50
- Dassel, K. B., & Carr, D. C. (2016). Does Dementia Caregiving Accelerate Frailty? Findings From the Health and Retirement Study. *The Gerontologist*, 56(3), 444-450. doi:10.1093/geront/gnu078
- Daudt, H. M., Van Mossel, C., & Scott, S. J. (2013). Enhancing the scoping study methodology: a large, inter-professional team's experience with Arksey and O'Malley's framework. *BMC medical research methodology*, 13(1), 48.
- Davis, F. D. (1985). *A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: theory and results* (Thesis). Massachusetts Institute of Technology. Consulté à l'adresse <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/15192>
- Debard, G., Karsmakers, P., Deschodt, M., Vlaeyen, E., Dejaeger, E., Milisen, K., ... Tuytelaars, T. (2012). Camera-Based Fall Detection on Real World Data. In F.

- Dellaert, J.-M. Frahm, M. Pollefeys, L. Leal-Taix?, & B. Rosenhahn (Éd.), *Outdoor and Large-Scale Real-World Scene Analysis* (Vol. 7474, p. 356-375). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. doi:10.1007/978-3-642-34091-8_16
- Delahoz, Y. S., & Labrador, M. A. (2014). Survey on fall detection and fall prevention using wearable and external sensors. *Sensors*, 14(10), 19806-42. doi:10.3390/s141019806
- Devers, K. (1999). How will we know “good” qualitative research when we see it? Beginning the dialogue in health services research. *Health Services Research*, 34(5), 1153-88.
- Dewsbury, G., Clarke, K., Rouncefield, M., Sommerville, I., Taylor, B., & Edge, M. (2003). Designing acceptable ‘smart’home technology to support people in the home. *Technology and Disability*, 15(3), 191–199.
- Dibner, A., & Lifeline systems Inc. (1982). Utilization of lifeline emergency response service. *The Gerontologist*, 22, 152.
- Direction générale de la santé publique du ministère de la Santé et des Services sociaux. (2012). *les chutes chez les personnes âgées de 65 ans et plus vivant au domicile au Québec*. Consulté à l’adresse http://www.aqq-quebec.org/docs/Chutes_personnes.pdf
- Donald, I. P., & Bulpitt, C. J. (1999). The prognosis of falls in elderly people living at home. *Age and Ageing*, 28(2), 121-125. doi:10.1093/ageing/28.2.121
- Dow, B., Meyer, C., Moore, K. J., & Hill, K. D. (2013). The impact of care recipient falls on caregivers. *Australian Health Review*, 37(2), 152. doi:10.1071/AH12168
- Ducharme, F. (2006). *Famille et soins aux personnes âgées*. Montréal: Beauchemin.
- Durlak, J. A., & DuPre, E. P. (2008). Implementation Matters: A Review of Research on the Influence of Implementation on Program Outcomes and the Factors Affecting Implementation. *American Journal of Community Psychology*, 41(3-4), 327. doi:10.1007/s10464-008-9165-0
- Faes, M. C., Reelick, M. F., Joosten-Weyn Banningh, L. W., Gier, M., Esselink, R. A., & Olde Rikkert, M. G. (2010). Qualitative study on the impact of falling in frail older persons and family caregivers: foundations for an intervention to prevent falls. *Aging Ment Health*, 14, 834-42. doi:10.1080/13607861003781825
- Feldwieser, F., Gietzelt, M., Goevercin, M., Marschollek, M., Meis, M., Winkelbach, S., ... Steinhagen-Thiessen, E. (2014). Multimodal sensor-based fall detection within the

- domestic environment of elderly people. *Zeitschrift Fur Gerontologie Und Geriatrie*, 47(8), 661-5. doi:10.1007/s00391-014-0805-8
- Fernandez-Luque, F. J., Zapata, J., & Ruiz, R. (2010). A system for ubiquitous fall monitoring at home via a wireless sensor network. *Conference Proceedings: Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society, 2010*, 2246-9. doi:10.1109/IEMBS.2010.5627338
- Filiatrault, J., Gauvin, L., Fournier, M., Parisien, M., Robitaille, Y., Laforest, S., ... Richard, L. (2007). Evidence of the Psychometric Qualities of a Simplified Version of the Activities-specific Balance Confidence Scale for Community-Dwelling Seniors. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 88(5), 664-672. doi:10.1016/j.apmr.2007.02.003
- Fleming, J., Brayne, C., & Cambridge City over-75s Cohort study collaboration. (2008). Inability to get up after falling, subsequent time on floor, and summoning help: prospective cohort study in people over 90. *BMJ*, 337(nov17 1), a2227-a2227. doi:10.1136/bmj.a2227
- Fortin, D., & Direction générale de la santé publique Québec. (2012). *Chutes chez les personnes âgées de 65 ans et plus vivant à domicile*. [Québec]: Direction des communications, Ministère de la santé et des services sociaux. Consulté à l'adresse <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/2218313>
- Fortin, M.-F., & Gagnon, J. (2015). *Fondements et étapes du processus de recherche* (3^e éd.). Chenelière éducation. Consulté à l'adresse <https://www.cheneliere.ca/9896-livre-fondements-et-etapes-du-processus-de-recherche-3e-edition.html>
- Garrety, K., & Badham, R. (2004). User-Centered Design and the Normative Politics of Technology. *Science, Technology, & Human Values*, 29(2), 191-212. doi:10.1177/0162243903261946
- Gehrman, P., Gooneratne, N. S., Brewster, G. S., Richards, K. C., & Karlawish, J. (2018). Impact of Alzheimer disease patients' sleep disturbances on their caregivers. *Geriatric Nursing*, 39(1), 60-65. doi:10.1016/j.gerinurse.2017.06.003
- Gell, N. M., Wallace, R. B., LaCroix, A. Z., Mroz, T. M., & Patel, K. V. (2015). Mobility Device Use in Older Adults and Incidence of Falls and Worry About Falling: Findings

- from the 2011-2012 National Health and Aging Trends Study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 63(5), 853-859 7p. doi:10.1111/jgs.13393
- Glasgow, R. E., Vogt, T. M., & Boles, S. M. (1999). Evaluating the public health impact of health promotion interventions: the RE-AIM framework. *American Journal of Public Health*, 89(9), 1322-1327. doi:10.2105/AJPH.89.9.1322
- Goswami, A., & Dutta, S. (2016). Gender Differences in Technology Usage—A Literature Review. *Open Journal of Business and Management*, 04(01), 51-59. doi:10.4236/ojbm.2016.41006
- Gouvernement du Canada. (2014). *Mesures destinees aux aînes* (p. 28). Ottawa. Consulté à l'adresse http://www.aines.gc.ca/fra/rapport/pdf/mesures_destinees_aux_aines.pdf
- Gouvernement du Québec. (2012). *Vivre et vieillir ensemble*. Consulté à l'adresse <http://www.mfa.gouv.qc.ca/fr/publication/Documents/politique-vieillir-et-vivre-ensemble.pdf>
- Gouvernement du Québec. (2018). *Un Québec pour tous les âges* (p. 106). Québec. Consulté à l'adresse <https://www.mfa.gouv.qc.ca/fr/publication/Documents/PA-qc-tous-ages.PDF>
- Grierson, L., Zelek, J., Lam, I., Black, S., & PhD, H. (2011). Application of a Tactile Way-Finding Device to Facilitate Navigation in Persons With Dementia. *Assistive Technology*, 23(2), 108-115. doi:10.1080/10400435.2011.567375
- Habib, M. A., Mohktar, M. S., Kamaruzzaman, S. B., Lim, K. S., Pin, T. M., & Ibrahim, F. (2014). Smartphone-based solutions for fall detection and prevention: challenges and open issues. *Sensors*, 14(4), 7181-208. doi:10.3390/s140407181
- Hall, A., Brown, C., Stanmore, E., & Todd, C. (2017). Implementing monitoring technologies in care homes for people with dementia: A qualitative exploration using Normalization Process Theory - ScienceDirect. *International Journal of Nursing Studies*, 72, 60-70. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2017.04.008>
- Hawley-Hague, H., Boulton, E., Hall, A., Pfeiffer, K., & Todd, C. (2014). Older adults' perceptions of technologies aimed at falls prevention, detection or monitoring: A systematic review. *International Journal of Medical Informatics*, 83(6), 416-426 11p. doi:10.1016/j.ijmedinf.2014.03.002

- Himal, S. (2018, mars 28). Information Architecture and its importance in User Experience Design. Consulté 22 mai 2018, à l'adresse <https://medium.muz.li/information-architecture-and-its-importance-in-user-experience-design-e5c9c6ca80e9>
- Holden, R. J., & Karsh, B.-T. (2010). The Technology Acceptance Model: Its past and its future in health care. *Journal of Biomedical Informatics*, 43(1), 159-172. doi:10.1016/j.jbi.2009.07.002
- Iecovich, E. (2008). Caregiving Burden, Community Services, and Quality of Life of Primary Caregivers of Frail Elderly Persons , Caregiving Burden, Community Services, and Quality of Life of Primary Caregivers of Frail Elderly Persons. *Journal of Applied Gerontology*, 27(3), 309-330. doi:10.1177/0733464808315289
- Insee. (2016). *France, portrait social* (p. 256).
- Institut de la statistique du Québec. (2016). *Le bilan démographique du Québec* (p. 171). Québec. Consulté à l'adresse <http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/population-demographie/bilan2016.pdf>
- Institut National de Santé Publique du Québec. (2011). *Prévention des chutes auprès des Personnes âgées vivant à domicile: analyse des données scientifiques et recommandations préliminaires à l'élaboration d'un guide de Pratique clinique*. Consulté à l'adresse http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1241_PrevChutesPersAgeesAnalyseRecomm.pdf
- Jokela, T., Iivari, N., Matero, J., & Karukka, M. (2003). The standard of user-centered design and the standard definition of usability: analyzing ISO 13407 against ISO 9241-11. In *Proceedings of the Latin American conference on Human-computer interaction* (p. 53–60). ACM.
- Keller, B. K., Morton, J. L., Thomas, V. S., & Potter, J. F. (1999). The Effect of Visual and Hearing Impairments on Functional Status. *Journal of the American Geriatrics Society*, 47(11), 1319-1325. doi:10.1111/j.1532-5415.1999.tb07432.x
- Kim, K., Gollamudi, S. S., & Steinhubl, S. (2017). Digital technology to enable aging in place. *Experimental Gerontology*, 88, 25-31. doi:10.1016/j.exger.2016.11.013

- Klein, D. A., Steinberg, M., Galik, E., Steele, C., Sheppard, J.-M., Warren, A., ... Lyketsos, C. G. (1999). Wandering behaviour in community-residing persons with dementia. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 14(4), 272-279. doi:10.1002/(SICI)1099-1166(199904)14:4<272::AID-GPS896>3.0.CO;2-P
- Kosse, N. M., Brands, K., Bauer, J. M., Hortobagyi, T., & Lamothe, C. J. C. (2013). Sensor technologies aiming at fall prevention in institutionalized old adults: A synthesis of current knowledge. *International Journal of Medical Informatics*, 82(9), 743-752. doi:10.1016/j.ijmedinf.2013.06.001
- Krueger, R. A., & Casey, M. A. (2009). *Focus groups, a practical guide for applied research* (4^e éd.). London: Sage publication-THousand oaks.
- Kuzuya, M., Masuda, Y., Hirakawa, Y., Iwata, M., Enoki, H., Hasegawa, J., ... Iguchi, A. (2006). Falls of the elderly are associated with burden of caregivers in the community. *Int J Geriatr Psychiatry*, 21, 740-5. doi:10.1002/gps.1554
- Lachman, M. E., Howland, J., Tennstedt, S., Jette, A., Assmann, S., & Peterson, E. W. (1998). Fear of Falling and Activity Restriction: The Survey of Activities and Fear of Falling in the Elderly (SAFE). *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 53B(1), P43-P50. doi:10.1093/geronb/53B.1.P43
- Lapierre, N., Carpentier, I., St-Arnaud, A., Ducharme, F., Meunier, J., Jobidon, M., & Rousseau, J. (2016). Vidéosurveillance intelligente et détection des chutes : perception des professionnels et des gestionnaires: Intelligent videosurveillance and falls detection: Perceptions of professionals and managers. *Canadian Journal of Occupational Therapy*, 83(1), 33-41. doi:10.1177/0008417415580431
- Lapierre, N., Meunier, J., St-Arnaud, A., Filiatrault, J., Paquin, M.-H., Duclos, C., ... Rousseau, J. (Submitted). Elderly women's perceptions of a videomonitoring system for analysing the person-environment interaction at home. *Gerontechnology*.
- Lapierre, N., Neubauer, N., Miguel-Cruz, A., Rios Rincon, A., Liu, L., & Rousseau, J. (2018). The state of knowledge on technologies and their use for fall detection: A scoping review. *International Journal of Medical Informatics*, 111, 58-71. doi:10.1016/j.ijmedinf.2017.12.015

- Lapierre, N., Proulx Goulet, C., St-Arnaud, A., Ducharme, F., Meunier, J., Londei, S., ... Rousseau, J. (2015). Perception et réceptivité des proches-aidants à l'égard de la vidéosurveillance intelligente pour la détection des chutes des aînés à domicile. *Canadian Journal on Aging*, 34(04), 445-456. doi:10.1017/S0714980815000392
- Lapierre, N., Rousseau, J., St-Arnaud, A., & Meunier, J. (In revision). An intelligent video-monitoring system to detect falls: A proof of concept. *Journal of Enabling technology*.
- Lapierre, N., St-Arnaud, A., Meunier, J., & Rousseau, J. (En préparation). Implementing an intelligent videomonitoring system to detect falls of older adults at home: a multiple case study.
- Lee, J. S., Su, Y. W., & Shen, C. C. (2007). A Comparative Study of Wireless Protocols: Bluetooth, UWB, ZigBee, and Wi-Fi. In *IECON 2007 - 33rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society* (p. 46-51). doi:10.1109/IECON.2007.4460126
- Leone, A., Diraco, G., & Siciliano, P. (2011). Detecting falls with 3D range camera in ambient assisted living applications: a preliminary study. *Medical Engineering & Physics*, 33(6), 770-81. doi:10.1016/j.medengphy.2011.02.001
- Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A., ... Moher, D. (2009). The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Health Care Interventions: Explanation and Elaboration. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000100. doi:10.1371/journal.pmed.1000100
- Londei, S. (2009). Perception des personnes âgées à l'égard de la vidéosurveillance intelligente pour leur soutien à domicile. Consulté à l'adresse <https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/handle/1866/2711>
- Londei, S., Rousseau, J., Ducharme, F., St-Arnaud, A., Meunier, J., Saint-Arnaud, J., & Giroux, F. (2009). An intelligent videomonitoring system for fall detection at home: perceptions of elderly people. *Journal of Telemedicine & Telecare*, 15(8), 383-90. doi:10.1258/jtt.2009.090107
- Mackintosh, S., Fryer, C., & Sutherland, M. (2007). For falls sake: older carers' perceptions of falls and falls risk factors. *Internet Journal of Allied Health Sciences & Practice*, 5, 1-9.

- Mahmood, A., Yamamoto, T., Lee, M., & Steggell, C. (2008). Perceptions and Use of Gerotechnology: Implications for Aging in Place. *Journal of Housing For the Elderly*, 22, 104-126. doi:10.1080/02763890802097144
- Marek, K. D., Stetzer, F., Adams, S. J., Popejoy, L. L., & Rantz, M. (2012). Aging in Place Versus Nursing Home Care: Comparison of Costs to Medicare and Medicaid. *Research in Gerontological Nursing*, 5(2), 123-129. doi:10.3928/19404921-20110802-01
- Marquis-Faulkes, F., McKenna, S. J., Newell, A. F., & Gregor, P. (2005). Gathering the requirements for a fall monitor using drama and video with older people. *Technology and Disability*, 17(4), 227-236.
- Mattila, A., Nyheim, P., & Zhang, L. (2014). The effect of power and gender on technology acceptance. *Journal of Hospitality and Tourism Technology*, 5(3), 299-314. doi:10.1108/JHTT-03-2014-0008
- McKenzie, B., Bowen, M. E., Keys, K., & Bulat, T. (2013). Safe home program: a suite of technologies to support extended home care of persons with dementia. *American Journal of Alzheimer's Disease and Other Dementias*, 28(4), 348-354. doi:10.1177/1533317513488917
- Meyer, C., Dow, B., Bilney, B. E., Moore, K. J., Bingham, A. L., & Hill, K. D. (2012). Falls in older people receiving in-home informal care across Victoria: Influence on care recipients and caregivers. *Australasian Journal on Ageing*, 31(1), 6-12 7p. doi:10.1111/j.1741-6612.2010.00484.x
- Miles, M. B., Huberman, M., & Saldana, J. (2014). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook* (3rd ed.). Californie: Thousand Oaks, SAGE. Consulté à l'adresse <https://us.sagepub.com/en-us/nam/qualitative-data-analysis/book239534>
- Morley, J. E. (2012). Aging in Place. *Journal of the American Medical Directors Association*, 13(6), 489-492. doi:10.1016/j.jamda.2012.04.011
- Moullin, J. C., Sabater-Hernández, D., Fernandez-Llimos, F., & Benrimoj, S. I. (2015). A systematic review of implementation frameworks of innovations in healthcare and resulting generic implementation framework. *Health Research Policy and Systems*, 13, 16. doi:10.1186/s12961-015-0005-z

- Moyer, V. A. (2015). Screening for Cognitive Impairment in Older Adults: U.S. Preventive Services Task Force Recommendation Statement. *Annals of Internal Medicine*, 160(11), 791-797.
- Mubashir, M., Shao, L., & Seed, L. (2013). A survey on fall detection: Principles and approaches. *Neurocomputing*, 100, 144-152. doi:10.1016/j.neucom.2011.09.037
- Nasreddine, Z. S., Phillips, N. A., Bédirian, V., Charbonneau, S., Whitehead, V., Collin, I., ... Chertkow, H. (2005). The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: a brief screening tool for mild cognitive impairment. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53(4), 695-699.
- Neubauer, N. A., Lapierre, N., Ríos-Rincón, A., Miguel-Cruz, A., Rousseau, J., & Liu, L. (2018). What do we know about technologies for dementia-related wandering? A scoping review ,
What do we know about technologies for dementia-related wandering? A scoping review: Examen de la portée : Que savons-nous à propos des technologies de gestion de l'errance liée à la démence? , Examen de la portée : Que savons-nous à propos des technologies de gestion de l'errance liée à la démence?
Canadian Journal of Occupational Therapy, 85(3), 196-208. doi:10.1177/0008417418777530
- Not, E., Leonardi, C., Mennecozzi, C., Pianesi, F., & Zancanaro, M. (2009). Beyond Usability: A new Frontier for User-Centered Design of « Future Internet » Services. In J. Domingue, D. Fensel, & P. Traverso, FIS (Éd.), *Future Internet - FIS 2008: first Future Internet Symposium, FIS 2008 Vienna, Austria, September 29-30, 2008 ; revised selected papers*. Berlin: Springer.
- Online Media Technologies Ltd. (s. d.). AVS Video Converter (Version 10.0.4.616). London, UK: Online Media Technologies, Ltd. Consulté à l'adresse <http://www.avs4you.com/AVS-Video-Converter.aspx>
- Organisation mondiale de la Santé. (2016). *Rapport mondial sur le vieillissement et la santé* (p. 296). Geneva. Consulté à l'adresse http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/206556/1/9789240694842_fre.pdf
- Organisation Mondiale de la Santé. (2018, mai 21). Les chutes. Consulté 21 mai 2018, à l'adresse <http://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/falls>

- Oswald, F., Jopp, D., Rott, C., & Wahl, H.-W. (2011). Is Aging in Place a Resource for or Risk to Life Satisfaction? *The Gerontologist*, 51(2), 238-250. doi:10.1093/geront/gnq096
- Parra-Dominguez, G. S., Snoek, J., Taati, B., & Mihailidis, A. (2015). Lower body motion analysis to detect falls and near falls on stairs. *Biomedical Engineering Letters*, 5(2), 98-108. doi:10.1007/s13534-015-0179-x
- Peek, S. T. M., Luijkx, K. G., Rijnaard, M. D., Nieboer, M. E., van der Voort, C. S., Aarts, S., ... Wouters, E. J. M. (2015). Older Adults' Reasons for Using Technology while Aging in Place. *Gerontology*, 62(2), 226-237. doi:10.1159/000430949
- Peek, S. T. M., Wouters, E. J. M., van Hoof, J., Luijkx, K. G., Boeije, H. R., & Vrijhoef, H. J. M. (2014). Factors influencing acceptance of technology for aging in place: A systematic review. *International Journal of Medical Informatics*, 83(4), 235-248. doi:10.1016/j.ijmedinf.2014.01.004
- Peel, N. M. (2011). Epidemiology of Falls in Older Age. *Canadian Journal on Aging / La Revue Canadienne Du Vieillissement*, 30(1), 7-19. doi:10.1017/S071498081000070X
- Peetoom, K. K. B., Lexis, M. A. S., Joore, M., Dirksen, C. D., & De Witte, L. P. (2015). Literature review on monitoring technologies and their outcomes in independently living elderly people. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 10(4), 271-294. doi:10.3109/17483107.2014.961179
- Peng, L.-M., Chiu, Y.-C., Liang, J., & Chang, T. H. (2017). Risky wandering behaviors of persons with dementia predict family caregivers' health outcomes. *Aging & Mental Health*, 0(0), 1-8. doi:10.1080/13607863.2017.1387764
- Piau, A., Campo, E., Rumeau, P., Vellas, B., & Nourhashemi, F. (2014). Aging society and gerontechnology: a solution for an independent living? *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, 18(1), 97-112. doi:10.1007/s12603-013-0356-5
- Pietrzak, E., Cotea, C., & Pullman, S. (2014). Does smart home technology prevent falls in community-dwelling older adults: a literature review. *Informatics in Primary Care*, 21(3), 105-12. doi:10.14236/jhi.v21i3.64
- Rabin, B. A., Brownson, R. C., Haire-Joshu, D., Kreuter, M. W., & Weaver, N. L. (2008). A Glossary for Dissemination and Implementation Research in Health: *Journal of Public*

- Health Management and Practice*, 14(2), 117-123.
doi:10.1097/01.PHH.0000311888.06252.bb
- Rantz, M., Aud, M. A., Alexander, G., Wakefield, B. J., Skubic, M., Luke, R. H., ... Keller, J. M. (2008). Falls, technology, and stunt actors: new approaches to fall detection and fall risk assessment. *Journal of Nursing Care Quality*, 23(3), 195-201.
doi:10.1097/01.NCQ.0000324581.59557.42
- Rantz, M., Skubic, M., Abbott, C., Galambos, C., Pak, Y., Ho, D. K., ... Miller, S. J. (2013). In-home fall risk assessment and detection sensor system. *Journal of Gerontological Nursing*, 39(7), 18-22. doi:10.3928/00989134-20130503-01
- Reeder, B., Meyer, E., Lazar, A., Chaudhuri, S., Thompson, H. J., & Demiris, G. (2013). Framing the evidence for health smart homes and home-based consumer health technologies as a public health intervention for independent aging: A systematic review. *International Journal of Medical Informatics*.
doi:10.1016/j.ijmedinf.2013.03.007
- Ross, J., Stevenson, F., Lau, R., & Murray, E. (2016). Factors that influence the implementation of e-health: a systematic review of systematic reviews (an update). *Implementation Science*, 11(1). doi:10.1186/s13012-016-0510-7
- Rougier, C., Meunier, J., St-Arnaud, A., & Rousseau, J. (2011). Robust Video Surveillance for Fall Detection Based on Human Shape Deformation. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 21, 611-622. doi:10.1109/TCSVT.2011.2129370
- Rougier, C., St-Arnaud, A., Rousseau, J., & Meunier, J. (2011). Video Surveillance for Fall Detection. In W. Lin (Éd.), *Video Surveillance*. InTech. Consulté à l'adresse <http://www.intechopen.com/books/video-surveillance/video-surveillance-for-fall-detection>
- Rousseau, J. (2003). *Le Modèle de compétence*. Montréal, Québec: Gestion Univalor. Consulté à l'adresse <https://evalorix.com/boutique/produits-et-outils-en-sante/instrument-evaluation-a-domicile-de-linteraction-personne-environnement-edipe/>
- Rousseau, J. (2013). Instrument - Évaluation à domicile de l'interaction personne environnement (ÉDIPE). *eValorix*, 78.

- Rousseau, J. (2016). L'Évaluation à domicile de l'interaction personne-environnement (ÉDIPE). In É. Trouvé, *Agir sur l'environnement pour permettre les activités* (p. 475-489). Pays-Bas. Consulté à l'adresse
<https://www.calameo.com/read/000015856fd2d08ed51ad>
- Rousseau, J. (2017). Rousseau, J. (2017). Modèles généraux en ergothérapie: Le Modèle de compétence. In M. C. Morel-Bracq, *Les modèles conceptuels en ergothérapie-Introduction aux concepts fondamentaux* (2nd éd., p. 107-119). Paris, France: De Boeck Supérieur. Consulté à l'adresse
<https://www.calameo.com/read/00001585680cb84ddb58b>
- Rousseau, J., Meunier, J., & Saint-Arnaud, A. (2011). Les systèmes de détection des chutes à domicile : des outils pour donner l'alerte. *Protégez-vous, édition hors série*(Guide pratique-Aide aux aînés: Tout ce que vous devez savoir pour accompagner les personnes âgées), 20-21.
- Rousseau, J., Potvin, L., Dutil, E., & Falta, P. (2002a). Model of Competence: A Conceptual Framework for Understanding the Person-Environment Interaction for Persons with Motor Disabilities. *Occupational Therapy in Health Care*, 16(1), 15-36. doi:10.1080/J003v16n01_02
- Rousseau, J., Potvin, L., Dutil, E., & Falta, P. (2002b). Understanding the Issue of Home Adaptation: Searching for a Conceptual Framework. *Occupational Therapy in Health Care*, 14(1), 27-37. doi:10.1080/J003v14n01_03
- Saleh, I. (2017). Les enjeux et les défis de l'Internet des Objets (IdO). *Internet des objets*, 17(1). doi:10.21494/ISTE.OP.2017.0133
- Stake, R. E. (2013). *Multiple Case Study Analysis*. Guilford Press.
- Standing Senate Committee on Social Affairs, Science and Technology. (2016). *Dementia In Canada, A National Strategy for Dementia-friendly Communities* (No. 6) (p. 52). Ottawa. Consulté à l'adresse
http://www.alzheimer.ca/~media/Files/national/Advocacy/SOCI_6thReport_DementiaInCanada-WEB_e.pdf

- Statistique Canada. (2012). *La situation des personnes âgées dans les ménage* (No. 98-312-X2011003) (p. 10). Ottawa. Consulté à l'adresse http://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2011/as-sa/98-312-x/98-312-x2011003_4-fra.pdf
- Stone, E. E., & Skubic, M. (2015). Fall Detection in Homes of Older Adults Using the Microsoft Kinect. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 19(1), 290-301. doi:10.1109/JBHI.2014.2312180
- Straub, D., Keil, M., & Brenner, W. (1997). Testing the technology acceptance model across cultures: A three country study. *Information & Management*, 33(1), 1-11. doi:10.1016/S0378-7206(97)00026-8
- Tchalla, A. E., Lachal, F., Cardinaud, N., Saulnier, I., Rialle, V., Preux, P. M., & Dantoine, T. (2013). Preventing and managing indoor falls with home-based technologies in mild and moderate Alzheimer's disease patients: pilot study in a community dwelling. *Dementia & Geriatric Cognitive Disorders*, 36(3-4), 251-61. doi:10.1159/000351863
- Thompson, T. G., & Brailer, D. J. (2004). *The Decade of Health Information Technology: Delivering Consumer-centric and Information-rich Health Care* (p. 178). Washington D.C. Consulté à l'adresse http://www.providersedge.com/ehdocs/ehr_articles/the_decade_of_hit-delivering_customer-centric_and_info-rich_hc.pdf
- Tinetti, M., Liu, W.-L., & Claus, E. B. (1993). Predictors and prognosis of inability to get up after falls among elderly persons. *Jama*, 269(1), 65-70.
- Tinetti, M., Richman, D., & Powell, L. (1990). Falls Efficacy as a Measure of Fear of Falling. *Journal of Gerontology*, 45(6), P239-P243. doi:10.1093/geronj/45.6.P239
- Twigg, J., & Atkin, K. (1994). *Carers perceived policy and practice in informal care* (1^{re} éd.). Buckingham: Open University Press.
- Tyrer, H. W., Alwan, M., Demiris, G., He, Z. H., Keller, J., Skubic, M., & Rantz, M. (2006). Technology for successful aging. In *Engineering in Medicine and Biology Society, 2006. EMBS'06. 28th Annual International Conference of the IEEE* (p. 3290-3293). IEEE. Consulté à l'adresse http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=4462500

- US Department of Energy. (1992). *Technology readiness assessment guide* (p. 34). Washington D.C.
- Van Brownswijk, J. E. M. H., Bouma, H., & Fozard, J. L. (2002). Technology for quality of life. *gerontechjournal*, 2(2).
- van Hoof, J., Kort, H. S. M., Rutten, P. G. S., & Duijnste, M. S. H. (2011a). Ageing-in-place with the use of ambient intelligence technology: perspectives of older users. *International Journal of Medical Informatics*, 80(5), 310-331. doi:10.1016/j.ijmedinf.2011.02.010
- van Hoof, J., Kort, H. S. M., Rutten, P. G. S., & Duijnste, M. S. H. (2011b). Ageing-in-place with the use of ambient intelligence technology: Perspectives of older users. *International Journal of Medical Informatics*, 80, 310-331. doi:10.1016/j.ijmedinf.2011.02.010
- Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. *Management science*, 46(2), 186–204.
- Venkatesh, V., Morris, M. G., & Davis, G. B. (2003). user acceptance of information technology: toward a unified view. *MIS quarterly*, 27(3), 425-478.
- Vincent, C., Reinhartz, D., Deaudelin, I., Garceau, M., & Talbot, L. R. (2006). Public telesurveillance service for frail elderly living at home, outcomes and cost evolution: a quasi experimental design with two follow-ups. *Health and Quality of Life Outcomes*, 4. doi:10.1186/1477-7525-4-41
- Wagner, F., Basran, J., & Dal Bello-Haas, V. (2012). A review of monitoring technology for use with older adults. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 35(1), 28-34. doi:10.1519/JPT.0b013e318224aa23
- Wallhagen, M. I., Strawbridge, W. J., Shema, S. J., Kurata, J., & Kaplan, G. A. (2001). Comparative Impact of Hearing and Vision Impairment On Subsequent Functioning. *Journal of the American Geriatrics Society*, 49(8), 1086-1092. doi:10.1046/j.1532-5415.2001.49213.x
- Wigg, J. M. (2010). Liberating the wanderers: using technology to unlock doors for those living with dementia. *Sociology of Health & Illness*, 32(2), 288-303.

- Wiles, J. L., Leibing, A., Guberman, N., Reeve, J., & Allen, R. E. S. (2012). The Meaning of “Aging in Place” to Older People. *Gerontologist*, 52(3), 357-366. doi:10.1093/geront/gnr098
- Wolff, J. L., Mulcahy, J., Huang, J., Roth, D. L., Covinsky, K., & Kasper, J. D. (2017). Family Caregivers of Older Adults, 1999–2015: Trends in Characteristics, Circumstances, and Role-Related Appraisal. *Gerontologist*. doi:10.1093/geront/gnx093
- Wolff, J. L., Spillman, B. C., Freedman, V. A., & Kasper, J. D. (2016). A National Profile of Family and Unpaid Caregivers Who Assist Older Adults With Health Care Activities. *JAMA Internal Medicine*, 176(3), 372-379. doi:10.1001/jamainternmed.2015.7664
- World Health Organization. (2008). *global report on falls prevention in older age*. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization. (2015). *World report on ageing and health*. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization. (2018). Assistive technology. Consulté 28 juin 2018, à l’adresse <http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/assistive-technology>
- Yin, R. (2014). *Case study research: Design and Methods* (5^e éd.). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.
- Yu, X. (2008). Approaches and principles of fall detection for elderly and patient. In *10th International Conference on e-health Networking, Applications and Services, 2008. HealthCom 2008* (p. 42-47). doi:10.1109/HEALTH.2008.4600107
- Zarit, S., Orr, N., & Zarit, J. (1985). *The Hidden Victims of Alzheimer’s Disease*. New York: New York University press. Consulté à l’adresse https://books.google.fr/books/about/The_Hidden_Victims_of_Alzheimer_s_Diseas.html?hl=fr&id=LKcikAiGoJAC
- Zarit, S., Reever, K. E., & Bach-Peterson, J. (1980). Relatives of the Impaired Elderly: Correlates of Feelings of Burden. *The Gerontologist*, 20(6), 649-655. doi:10.1093/geront/20.6.649
- Zetta Systems Ltd. (s. d.). *Infrared HD Security ZIR32*. Hong Kong, Hong Kong. Consulté à l’adresse <http://www.zetta.com.hk/index.php/product/dvr/8/hd-security-z32-4-7-detail>

Zsiga, K., Edelmayer, G., Rumeau, P., Peter, O., Toth, A., & Fazekas, G. (2013). Home care robot for socially supporting the elderly: focus group studies in three European countries to screen user attitudes and requirements. *Journal of Rehabilitation Research*, 36(4), 375-8. doi:<http://dx.doi.org/10.1097/MRR.0b013e3283643d26>

Annexe 1 : Critères de sélection des revues de la portée

Critères de sélection des revues de la portée		
	Critères d'inclusion	Critères d'exclusion
Critères communs aux deux revues de la portée	<ul style="list-style-type: none"> les études traitant des technologies : <ul style="list-style-type: none"> peu importe leur <i>Technology Readiness Level</i> (TRL)² (US Department of Energy, 1992) portées par la personne ou ambiantes. les sources: <ul style="list-style-type: none"> Tous les types de devis de recherche (sauf les recensions des écrits) <ul style="list-style-type: none"> les résultats (positifs ou négatifs) leur format de présentation: article scientifique ou résumé de conférence les études de développement technologique sans limite d'âge dans le but d'éviter d'exclure des études présentant des technologies ayant le potentiel d'être utilisées auprès d'ânés. les études en anglais, français ou espagnol les études publiées depuis 2006 et traitant : <ul style="list-style-type: none"> des technologies détectant automatiquement les chutes des ânés ou en ayant le potentiel 	<ul style="list-style-type: none"> les études : <ul style="list-style-type: none"> non entièrement disponibles incomplètes, c'est-à-dire ne fournissant pas assez d'information pour remplir la grille de collecte de données les recensions des écrits, les articles théoriques, les lettres à l'éditeur les études concernant les technologies d'assistance (ex : les cannes), à moins qu'elles n'incluent un logiciel pour détecter les chutes.

² Technology Readiness Level : échelle évaluant le niveau de développement de la technologie de TRL 1 (le plus faible niveau de développement) à TRL 9 (le plus haut niveau de développement de la technologie).

Critères spécifiques à la revue sur les technologies de gestion de l'errance

- pour les études cliniques: les études devaient inclure des participants de 50 ans ou plus, dans le but d'inclure un maximum d'études
 - de technologies utilisées à l'intérieur ou à l'extérieur
 - les études traitant de technologies visant à répondre à la problématique de l'errance chez les aînés présentant une maladie d'Alzheimer ou maladie apparentée
 - pour les études cliniques: les études devaient inclure des participants ayant la maladie d'Alzheimer ou une maladie apparentée de 50 ans ou plus dans le but d'inclure un maximum d'études
 - la littérature grise et les sites Internet commerciaux ont été inclus
-

Annexe 2 : Variables collectées pour l'étape 2 et l'étape 4

Variables collectées pour les étapes 2. Perception des femmes âgées chuteuses concernant un système de VSP et 4. Implantation de la VSI au domicile d'âînés chuteurs.

Variables liées à	Variables communes aux 2 étapes	Variables uniquement pour l'étape 4.
La personne (l'ainé)	<ul style="list-style-type: none"> • données sociodémographiques • données relatives à l'état de santé • usage antérieur des gérontechnologies • <i>a priori</i> concernant la gérontechnologie • besoins et attentes avant l'usage de la technologie (pré-expérimentation) 	
L'environnement non-humain	<ul style="list-style-type: none"> • architecture et les composantes du domicile (ex. : objets, mobilier, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> • zones à risques spatiales et temporelles (ex : endroit du domicile que la personne fréquente souvent et période où la personne se déplace à la maison) • zones temporelles et spatiales présentant moins ou pas de risque (ex : zone du sofa ou absence de la maison) dans le but de minimiser les faux positifs. • plages horaires durant lesquelles la VSI doit être désactivée parce que l'ainé recevait une visite prévue • concernant la VSI: <ul style="list-style-type: none"> ○ capacité à détecter la chute lorsque l'ainé tombe (vrais-positifs) ○ capacité à ne pas émettre d'alerte lorsque l'ainé ne chute pas (faux-positif) ○ capacité à envoyer une alerte aux proches-aidants en cas de chute. ○ avantages/inconvénients liés à l'utilisation de la VSI

l'environnement humain (proche-aidant)	<ul style="list-style-type: none"> ○ coût ○ modalités d'installation (nombre de caméras par pièces, hauteur de la position de la caméra, photos et croquis de la disposition de la VSI, etc. ○ capacité à s'adapter à différents domiciles ○ capacité à enregistrer des images pertinentes (ex.: suffisamment nettes, enregistrements respectant la vie privée) pour documenter la cause des chutes. • données sociodémographiques • usage antérieur de technologies • <i>a priori</i> concernant la VSI • fardeau du proche-aidant grâce à l'échelle de Zarit • besoins et attentes avant l'usage de la technologie
l'interaction personne- environnement	<ul style="list-style-type: none"> • fréquences des chutes, • causes identifiées des chutes • nombre de chutes pendant la durée de l'implantation • perception des aînés concernant la technologie • peur de chuter • la restriction des activités liée à la peur de chuter • contexte post-chute en photo dans l'alerte envoyée par courriel • images des minutes précédant la chute, enregistrées par la VSI • réceptivité et la perception des aînés et des proches-aidants concernant la VSI

Annexe 3 : Guide d’entrevue de l’étape 2

Questionnaire J0

Numéro de la participante	Groupe	Date de la visite

Interactions avec l’environnement

1. Comment ça se passe quand vous vous levez pour aller à la toilette la nuit ? (si la personne donne peu d’info, poser les sous-questions)
 - a. Est-ce que vous avez des obstacles
 - b. Est-ce que vous avez suffisamment de lumière
 - c. Voyez-vous bien ?
 - d. Est-ce que vous parvenez à vous rendre à temps à la toilette ?
2. Éprouvez-vous des difficultés ou vous sentez-vous à l’aise lors de vos déplacements pour aller à la toilette la nuit ?
3. Est-ce qu’il y a une pièce où vous vous sentez moins en confiance dans vos déplacements ?
4. Ces 12 derniers mois, combien de fois êtes-vous tombés le jour ?
5. Ces 12 derniers mois, combien de fois avez-vous failli tomber le jour?
6. Ces 12 derniers mois, combien de fois êtes-vous tombés la nuit ?
7. Ces 12 derniers mois, combien de fois avez-vous failli tomber la nuit?
8. Avez-vous des stratégies pour éviter d’aller aux toilettes la nuit ? Si oui lesquelles ?

9. Avez-vous des stratégies pour éviter les fuites urinaires, la nuit ? Si oui lesquelles ?
10. Avez-vous des stratégies pour éviter de tomber, la nuit ? Si oui lesquelles ?

Caméras

11. Avez-vous des appréhensions ou de l'inconfort par rapport à la présence de caméras chez vous ?
12. Comment vous sentez-vous par rapport au fait d'être filmée pendant vos déplacements la nuit ?
13. Comment vous sentez-vous par rapport au fait d'avoir des caméras chez vous ?
14. Que pensez-vous de l'esthétisme des caméras ?
15. Est-ce que le fait que vous soyez filmé uniquement la nuit et pas le jour, vous rassure ?
16. Que pensez-vous du fait que les caméras déclenchent un enregistrement lorsque vous faites un mouvement et s'arrêtent ensuite lorsque vous ne bougez plus ?
17. Que pensez-vous du fait que, pendant une certaine plage horaire, que nous avons prédéterminée avec vous, par exemple de 22h à 7h, les caméras enregistrent par détection de mouvement ?
18. Que pensez-vous du fait que les images soient stockées dans la caméra pendant un certain temps ?
19. Préférez-vous que l'on utilise des caméras qui envoient les images dans le nuage plutôt que les stocker dans la caméra ?
20. Avez-vous des commentaires ?

Questionnaire J8

Numéro de la participante	Groupe	Date de la visite

Interaction avec l'environnement

1. Comment ça s'est passé quand vous vous êtes levé pour aller à la toilette la nuit ? (si la personne donne peu d'info, poser les sous-questions)
 - a. Est-ce que vous avez rencontré des obstacles ?
 - b. Est-ce que vous en avez eu suffisamment de lumière ?
 - c. Est-ce que vous voyiez bien ?
 - d. Est-ce que vous êtes parvenu à vous rendre à temps à la toilette ?
2. Est-ce que ce que vous avez vécu ces 7 dernières nuits est représentatif de ce que vous vivez habituellement?
3. Avez-vous éprouvé des difficultés ou vous êtes-vous senti à l'aise lors de vos déplacements pour aller à la toilette la nuit ?
4. Est-ce qu'il y a une pièce où vous vous êtes senti moins en confiance dans vos déplacements ?
5. Avez-vous chuté durant la journée ces 7 derniers jours ? Si oui combien de fois ?
6. Avez-vous failli tomber la journée ces 7 derniers jours ?
7. Avez-vous chuté ces 7 dernières nuits?

8. Avez-vous failli chuter ces 7 dernières nuits? Avez-vous mis en place des stratégies pour éviter d'aller aux toilettes ces 7 dernières nuits ? Si oui lesquelles ?
9. Avez-vous mis en place des stratégies pour éviter les fuites urinaires ces 7 dernières nuits? Si oui lesquelles ?
10. Avez-vous mis en place des stratégies pour éviter de tomber ces 7 dernières nuits? Si oui lesquelles ?

Caméras

11. Comment vous êtes-vous sentie par rapport au fait d'avoir des caméras installées chez vous?
12. Si la personne avait mentionné des appréhensions ou des inquiétudes par rapport à la présence de caméra chez elle : Lors de notre première rencontre, vous avez mentionné des appréhensions ou de l'inconfort vous aviez par rapport à la présence de caméras chez vous ; est-ce que cela se est confirmé?
13. Comment vous êtes-vous sentie par rapport au fait d'avoir été filmée pendant vos déplacements la nuit ?
14. Après avoir vécu 7 jours avec les caméras chez vous, que pensez-vous de leur esthétique?
15. Est-ce que votre comportement a été modifié à cause de la présence de caméra chez vous ? Si oui, élaborer.
16. Est-ce que le fait que d'avoir été filmée uniquement la nuit et pas le jour, vous a rassuré ?
17. Qu'avez-vous pensé du fait que les caméras déclenchent un enregistrement lorsque vous faites un mouvement et s'arrête ensuite lorsque vous ne bougez plus?

18. Que pensez-vous du fait que pendant une certaine plage horaire, que nous avons prédéterminé avec vous, par exemple de 22h à 7h, les caméras enregistrent par détection de mouvement?
19. Vous vous rappelez que les images de la salle de bain sont brouillées, comment vous vous sentez par rapport à ça ?
20. Auriez-vous préféré être filmé dans la salle de bain ? Si oui dans quelles conditions ?
21. Explication du fonctionnement de la caméra. Que pensez-vous du fait que les images aient été stockées dans la caméra pendant un certain temps ?
22. Auriez-vous préféré que l'on utilise des caméras qui envoient les images dans le nuage plutôt que les stocker dans la caméra?
23. Avez-vous des commentaires ?
24. Avez-vous des suggestions ou des commentaires que vous aimeriez ajouter?

Annexe 4 : Guides d’entrevue étape 4

Carnet de questions T0 pour les aînés						
Concept	Sujet	Séquence	#		Questions	Commentaires
Rôle & Activité	Maintien à domicile	Opening question	1.		Depuis combien de temps vivez-vous à votre domicile?	
			2.		Globalement, comment ça va pour fonctionner dans votre domicile?	
				2.1.	Sentiment de sécurité?	
				2.2.	Comment envisagez-vous l’avenir chez vous?	
			3.		Dans votre quotidien à domicile est-ce que vous éprouvez des difficultés à faire des activités	
Situation de handicap	Description et impressions concernant la chute (contexte, inquiétudes)		4.		Dans quelles circonstances est-ce que vous chutez?	
			5.		Pouvez-vous me décrire vos chutes? (leur contexte, leurs conséquences, leur fréquence)	
				5.1.	Quel est l’impact des chutes sur votre quotidien?	
				5.2.	Quelles sont les conséquences de vos chutes? - par rapport à vous ? - par rapport à vos proches ? - par rapport à votre environnement physique ?	
			5.3.		Qu’est-ce qui provoque vos	

					chutes?	
Environnement non-humain	Utilisation des technologies	Transition	Explications		J'aimerais avoir votre avis concernant les technologies d'assistance. Il s'agit des technologies d'aide dans les activités quotidiennes. Celles dont j'aimerais qu'on parle aujourd'hui de celles qui ont des composantes électroniques. Il existe des technologies sans composante électronique, ex marchette : on ne parle pas de celle-là. Mais plutôt de celles par exemple, qui peuvent aider pour la prise de médicament comme les rappels de prise de médicaments, ou aider dans les déplacements à la maison comme les chemins lumineux automatiques.	On définit les technologies d'assistance comme tout système ou équipement destiné à prévenir, compenser, soulager l'incapacité (Iso-9999, 2002). Pour cette étude, on ne retiendra que les technologies comprenant au moins un élément électronique, par exemple : bracelet d'alerte, rappel de prise de médicament, chemin lumineux automatique, plaque de cuisson avec dispositif de sécurité, etc.
			6.		Que pensez-vous de l'utilisation des technologies d'assistance qui peuvent aider à rester la maison ?	Si besoin redonner un exemple Ex les bracelets d'alerte.
				6.1.	En utilisez-vous?	
				6.2.	Quels sont leurs avantages?	
				6.3.	Quels sont leurs inconvénients?	

				6.4.	Qu'est-ce qui facilite leur utilisation?	
				6.5.	Qu'est-ce qui rend leur utilisation difficile?	
			Explications		<p>La vidéosurveillance intelligente est un système de détection automatique des chutes basée sur l'analyse d'image. Elle fonctionne grâce à des caméras (les montrer) installées chez vous, environ une par pièce, qui sont reliées à un ordinateur analysant les images en temps réel.</p> <p>En absence de chute personne ne peut avoir accès aux images, mais s'il y a une chute, une alerte contenant un lien vers une image de vous sera envoyée à votre proche-aidant. L'accès à cette image sera protégé par un mot de passe. Montrer la vidéo pour expliquer comment ça fonctionne.</p>	
Interaction VSI-Personne	A priori, besoins, compréhension	Key questions	7.		Est-ce qu'il y a des choses que vous trouvez difficile à comprendre par rapport à la	

	concernant VSI			VSI?	
		8.		Si vous aviez un système comme ça chez vous, Quelles seraient vos attentes vis-à-vis de la VSI? (à quoi ça serait utile)	
		9.		Si vous aviez un système comme celui-là Quelles sont vos impressions, vos appréhensions concernant la VSI?	
	Perception concernant le fonctionnement de la VSI	10.		Si vous aviez un système comme ça que pensez-vous du fonctionnement de la VSI?	
			10.1.	Que pensez-vous du fait que les images soient analysées automatiquement par l'ordinateur et qu'elles soient supprimées au fur et à mesure s'il n'y a pas de chute?	
			10.2.	Que pensez-vous qu'en absence de chute, personne n'ait accès aux images, qu'aucune image ne sorte de chez vous, tout reste à l'intérieur des ordinateurs, c'est pourquoi on appelle le système « intelligent »?	
			10.3.	Comment vous sentez-vous à l'idée que votre proche-aidant	

					puisse recevoir un courriel d'alerte avec une image attachée et protégée par un mot de passe?	
	Stigmatisation, changement des habitudes, impact sur le rôle		11.		Quel impact croyez-vous que la VSI aura sur votre quotidien?	
			explications		On peut vous proposer une option: on peut programmer la VSI pour enregistrer les images des 30 secondes précédant la chute pour connaître les causes de la chute afin d'adapter les interventions en réadaptation et l'adaptation du domicile. Avant d'être analysée par l'équipe de recherche, ces images seront brouillées pour qu'on ne puisse pas vous reconnaître.	
	Perception concernant l'option d'enregistrement		12.		Que pensez-vous de cette option?	
	Suggestions/commentaires	Ending	13.		Avez-vous des commentaires ou des suggestions par rapport à la technologie d'assistance et plus précisément par rapport à la VSI ?	
	Résumé	Ending	14.		Pouvez-vous me donner votre avis sur la VSI en une phrase?	

Carnet de questions T0 pour les proches aidants

Concept	Sujet	Séquence	#		Questions	Commentaires
Rôle	Maintien à domicile	Opening question	1.		Que pensez-vous du fait que XXX vive à son domicile ?	
	Description et impressions concernant le rôle.	Introduction	2.		Comment décririez-vous votre rôle de proche-aidant ?	
				2.1.	Quelles tâches accomplissez-vous?	
				2.2.	Quels sont les avantages et les inconvénients de ce rôle?	
				2.3.	Quel est l'impact des chutes de XXX sur votre quotidien?	
Environnement non-humain	Utilisation des technologies	Transition	Explications		J'aimerais avoir votre avis concernant les technologies d'assistance. Il s'agit des technologies d'aide dans les activités quotidiennes. Celles dont j'aimerais qu'on parle aujourd'hui de celles qui ont des composantes électroniques. Il existe des technologies sans composante électronique, ex marchette : on ne parle pas de celle-là. Mais plutôt de celles	

				par exemple, qui peuvent aider pour la prise de médicament comme <i>les rappels de prise de médicaments, ou aider dans les déplacements à la maison comme les chemins lumineux automatiques.</i>		
			3.	Que pensez-vous de l'utilisation des technologies d'assistance qui peuvent aider à rester la maison ?		
				3.1.	En utilisez-vous avec XXXX?	
				3.2.	Quels sont leurs avantages?	
				3.3.	Quels sont leurs inconvénients?	
				3.4.	Qu'est-ce qui facilite leur utilisation?	
				3.5.	Qu'est-ce qui rend leur utilisation difficile?	
		Explications	La vidéosurveillance intelligente est un système de détection automatique des chutes basée sur l'analyse d'image. Elle fonctionne grâce à des caméras (les montrer) installées chez XXXX, environ une par pièce, qui sont reliées à un ordinateur analysant les images en temps réel.			

				En absence de chute personne ne peut avoir accès aux images, mais s'il y a une chute, une alerte contenant un lien vers une image de la chute vous sera envoyée. L'accès à cette image sera protégé par un mot de passe.		
Interaction VSI-Personne	A priori, besoins, compréhension concernant VSI	Key questions	4.		Est-ce qu'il y a des choses que vous trouvez difficiles à comprendre par rapport à la VSI?	
			5.		Si XXX avait un système comme ça chez lui/elle, quelles seraient vos attentes vis-à-vis de la VSI? (à quoi ça serait utile)	
			6.		Si XXX avait un système comme ça chez lui/elle quelles seraient vos impressions, vos appréhensions concernant la VSI?	
				6.1.	Comment vous sentez-vous à l'idée que XXX ait la VSI chez lui/elle ?	
	7.		Que pensez-vous du fonctionnement de la VSI?			
			6.1.	Que pensez-vous du fait que les images soient analysées automatiquement par		
	Perceptions concernant le fonctionnement de la VSI					

					l'ordinateur et qu'elles soient supprimées au fur et à mesure s'il n'y a pas de chute?	
					Que pensez-vous qu'en absence de chute, personne n'ait accès aux images, qu'aucune image ne sorte de chez vous, tout reste à l'intérieur des ordinateurs, c'est pourquoi on appelle le système « intelligent »?	
				6.2.	Comment vous sentez-vous à l'idée de recevoir un courriel d'alerte avec une image attachée et protégée par un mot de passe?	
	Stigmatisation, changement des habitudes			7.	Quel impact croyez-vous que la VSI aura sur votre quotidien?	
				explications	On peut proposer une option: on peut programmer la VSI pour enregistrer les images des 30 secondes précédant la chute pour connaître les causes de la chute afin d'adapter les interventions en réadaptation et l'adaptation du domicile. Avant d'être analysées par l'équipe de recherche, ces images seront brouillées pour qu'on ne puisse pas vous reconnaître.	
	Perception concernant l'option d'enregistrement			8.	Que pensez-vous de cette option?	

	Suggestions/ commentaires	Ending Ending	9.		Avez-vous des commentaires ou des suggestions par rapport à l'installation de la VSI chez XXXX?	
	Résumé		10.		Pouvez-vous me donner votre avis sur la VSI en une phrase?	

Carnet de questions T3 pour les aînés					
Concept	Sujet	Séquence	#	Questions	Commentaires
Personne	Changement chez la personne (état : santé, humeur).	Introduction	1.	Globalement, comment vous êtes-vous senti chez vous depuis l'installation de la vidéosurveillance intelligente chez vous?	
	Description et impressions concernant la situation de handicap : la chute (contexte, inquiétudes)	Transition	2.	Est-ce qu'il y a eu des situations où vous avez chuté ou eu peur de chuter depuis l'installation de la VSI?	
			2.1	Dans quelles circonstances?	
Interaction VSI-Personne	Perception générale concernant VSI	Key questions	3.	Finalement, qu'est-ce que vous avez trouvé compliqué à comprendre par rapport à la VSI?	
			4.	Quelles sont vos impressions concernant l'utilisation de la VSI?	
			4.2	Quels sont ses avantages?	
			4.3	Quels sont ses inconvénients?	
			4.4	Qu'est-ce qui facilite son utilisation?	

			4.5	Qu'est-ce qui rend son utilisation difficile?	
	Perception concernant le fonctionnement de la VSI		5.	Qu'avez-vous pensé du fonctionnement de la VSI?	
			5.1	Que pensez-vous du fait que les images soient analysées automatiquement par l'ordinateur et non par une personne pour détecter la chute?	
			5.2	Qu'avez-vous pensé du fait que votre proche-aidant reçoive une alerte en cas de chute et une image de vous après la chute?	
			6.	Quel impact a eu la VSI sur votre quotidien?	
	Perception concernant la méthodologie d'implantation		7.	Que pensez-vous de la façon dont la VSI a été installée chez vous ?	
			7.1	Qu'est-ce que vous avez apprécié ?	
			7.2	Qu'est-ce que vous souhaiteriez modifier?	
	Acceptation		8.	Qu'est-ce qui pourrait vous pousser à installer la VSI de façon permanente chez vous?	
	Suggestions/ commentaires	Ending	9.	Avez-vous des commentaires ou des	

				suggestions par rapport à l'implantation de la VSI ou au déroulement de l'étude?	
	Résumé		10.	Pouvez-vous me résumer en une phrase vos impressions concernant l'implantation de la VSI chez vous?	

Carnet de questions T3 pour les proches-aidants						
Concept	Sujet	Séquence	#		Questions	Commentaires
Environnement humain	Changement chez la personne, son état (santé, moral...)	Introduction	1.		Globalement, qu'avez-vous pensé du fait que XXX vive à son domicile depuis que la VSI est installé chez elle/lui?	
	Description et impressions concernant le rôle.	Transition	2.		Comment s'est passé votre rôle de proche-aidant depuis notre dernière rencontre?	
				2.1.	Comment se sont déroulées les tâches que vous aviez à faire?	
				2.2.	Qu'est-ce qui a été différent par rapport à l'avant implantation?	
				2.3.	Quel a été l'impact des chutes de XXX sur votre quotidien?	
	Perception générale concernant VSI	Key questions	3.		Finalement, qu'est-ce que vous avez trouvé compliqué à comprendre rapport à la VSI	
			4.		Quelles sont vos impressions concernant l'utilisation de la VSI?	
				4.1.	Quels sont ses avantages?	
				4.2.	Quels sont ses inconvénients?	
				4.3.	Qu'est-ce qui facilite son utilisation?	
				4.4.	Qu'est-ce qui rend son	

					utilisation difficile?	
				4.5.	Quels sont ses avantages?	
Interaction VSI- Personne	Perception concernant le fonctionnement de la VSI		5.		Que pensez-vous du fonctionnement de la VSI?	
				5.1.	Qu'avez-vous pensé des alertes (images, fréquence des alertes, appareil ou les alertes sont reçues) ?	
	Perception concernant la méthodologie d'implantation		6.		Que pensez-vous de la façon la VSI a été installée chez XXX?	
				6.1	Qu'est-ce que vous avez apprécié ?	
				6.2	Qu'est-ce que vous auriez souhaité modifier?	
	Changement des habitudes		7.		Quel a été l'impact de la VSI sur votre quotidien?	
	compréhension		8.		Il y a-t'il encore des choses que vous ne comprenez pas par rapport à la VSI?	
	Acceptation		9.		Qu'est-ce qui pourrait vous pousser à installer la VSI de façon permanente chez XXX?	
	Suggestions/co mmentaires	Ending	10.		Avez-vous des commentaires ou des suggestions par rapport à l'implantation de la VSI ou au déroulement de l'étude?	
	résumé		11.		Pouvez-vous me résumer	

					en une phrase vos impressions concernant l'implantation de la VSI chez XXX?	
--	--	--	--	--	--	--

Carnet de questions T4 pour les aînés						
Concept	Sujet	Séquence	#		Questions	Commentaires
Personne	Changement chez la personne (état : santé, humeur).	Introduction	1.		Globalement, comment vous êtes-vous senti chez vous depuis l'installation de la vidéosurveillance intelligente chez vous?	
	Description et impressions concernant la situation de handicap : la chute (contexte, inquiétudes)	Transition	2.		Est-ce qu'il y a eu des situations où vous avez chuté ou eu peur de chuter depuis l'installation de la VSI?	
				2.1	Dans quelles circonstances?	
Interaction VSI-Personne	Perception générale concernant VSI	Key questions	3.		Finalement, qu'est-ce que vous avez trouvé compliqué à comprendre par rapport à la VSI?	
			4.		Quelles sont vos impressions concernant l'utilisation de la VSI?	
				4.2	Quels sont ses avantages?	
				4.3	Quels sont ses inconvénients?	
				4.4	Qu'est-ce qui facilite son utilisation?	

				4.	Qu'est-ce qui rend son utilisation difficile?	
	Perceptions concernant le fonctionnement de la VSI		5.		Qu'avez-vous pensé du fonctionnement de la VSI?	
				5.1	Que pensez-vous du fait que les images soient analysées automatiquement par l'ordinateur et non par une personne pour détecter la chute?	
				5.2	Qu'avez-vous pensé du fait que votre proche-aidant reçoive une alerte en cas de chute et une image de vous après la chute?	
			6.		Quel impact a eu la VSI sur votre quotidien?	
	Perception concernant la méthodologie d'implantation		7.		Que pensez-vous de la façon dont la VSI a été installée chez vous ?	
				7.1	Qu'est-ce que vous avez apprécié ?	
				7.2	Qu'est-ce que vous souhaiteriez modifier?	
	Acceptation		8.		Qu'est-ce qui pourrait vous pousser à installer la VSI de façon permanente chez vous?	
	Suggestions/commentaires	Ending	9.		Avez-vous des commentaires ou des suggestions par rapport à l'implantation de la	

				VSI ou au déroulement de l'étude?	
	Résumé		10.	Pouvez-vous me résumer en une phrase vos impressions concernant l'implantation de la VSI chez vous?	

Carnet de questions T4 pour les proches-aidants						
Concept	Sujet	Séquence	#		Questions	Commentaires
Environnement humain	Changement chez la personne, son état (santé, moral...)	Introduction	1.		Globalement, qu'avez-vous pensé du fait que XXX vive à son domicile depuis que la VSI est installée chez elle/lui?	
			2.		Comment s'est passé votre rôle de proche-aidant depuis notre dernière rencontre?	
	Description et impressions concernant le rôle.	Transition		2.1.	Comment se sont déroulées les tâches que vous aviez à faire?	
				2.2.	Qu'est-ce qui a été différent par rapport à l'avant l'implantation?	
				2.3.	Quel a été l'impact des chutes de XXX sur votre quotidien?	
	Perception générale concernant VSI	Key questions	3.		Finalement, qu'est-ce que vous avez trouvé compliqué à comprendre rapport à la VSI	
			4.		Quelles sont vos	

					impressions concernant l'utilisation de la VSI?	
				4.1.	Quels sont ses avantages?	
				4.2.	Quels sont ses inconvénients?	
				4.3.	Qu'est-ce qui facilite son utilisation?	
				4.4.	Qu'est-ce qui rend son utilisation difficile?	
				4.5.	Quels sont ses avantages?	
Interaction VSI- Personne	Perception concernant le fonctionnement de la VSI		5.		Que pensez-vous du fonctionnement de la VSI?	
				5.1.	Qu'avez-vous pensé des alertes (images, fréquence des alertes, appareil ou les alertes sont reçues) ?	
	Perception concernant la méthodologie d'implantation		6.		Que pensez-vous de la façon la VSI a été installée chez XXX?	
				6.1.	Qu'est-ce que vous avez apprécié ?	
				6.2.	Qu'est-ce que vous auriez souhaité modifier?	
	Changement des habitudes		7.		Quel a été l'impact de la VSI sur votre quotidien?	
	compréhension		8.		Il y a-t'il encore des choses que vous ne comprenez pas par rapport à la VSI?	
	Acceptation		9.		Qu'est-ce qui pourrait	

					vous pousser à installer la VSI de façon permanente chez XXX?	
	Suggestions/commentaires	Ending	10.		Avez-vous des commentaires ou des suggestions par rapport à l'implantation de la VSI ou au déroulement de l'étude?	
	résumé		11.		Pouvez-vous me résumer en une phrase vos impressions concernant l'implantation de la VSI chez XXX?	

Annexe 5 : Approbation éthique de l'étape 2



Montréal, le 16 janvier 2015.

Madame Chantal Dumoulin, Ph.D.
Madame Jacqueline Rousseau, Ph.D.
Centre de recherche – IUGM
4545, chemin Queen-Mary
Montréal (Québec) H3W 1W5

Objet: CER IUGM 14-15-025 : Approbation finale.

La gérontechnologie au service de la réadaptation : du laboratoire au domicile-Étude pilote sur les caractéristiques de la marche et de l'équilibre des femmes âgées chuteuses avec ou sans incontinence.

Mesdames,

Le Comité d'éthique de la recherche de l'IUGM a évalué votre projet de recherche à sa réunion du 12 janvier 2015, tenue à l'IUGM. Lors de cette réunion, les documents suivants ont été examinés :

- Formulaire de demande d'évaluation d'un projet de recherche.
- Protocole de recherche intitulé : La gérontechnologie au service de la réadaptation : du laboratoire au domicile-Étude pilote sur les caractéristiques de la marche et de l'équilibre des femmes âgées chuteuses avec ou sans incontinence.
- Formulaire d'information et de consentement.
- Questionnaire téléphonique : Identification des sujets.
- Preuve de l'octroi de fonds du RQRV, datée du 27 août 2014.

Suite à cette réunion, une approbation conditionnelle vous a été émise en date du 12 janvier 2015. Vous nous avez soumis en date du 13 janvier 2015, le document suivant :

- Courriel réponse aux questions du Comité.

Vos réponses et les modifications apportées à votre projet de recherche ont fait l'objet d'une évaluation. Lors de cette évaluation, nous avons communiqué avec vous, et ce, afin d'obtenir des informations supplémentaires. Le tout ayant été jugé satisfaisant, nous avons le plaisir de vous informer que votre projet de recherche a été approuvé à l'unanimité par le Comité d'éthique de la recherche de l'IUGM.

Les documents que le Comité d'éthique de la recherche de l'IUGM a approuvés et que vous pouvez utiliser pour la réalisation de votre projet sont les suivants :

- Protocole de recherche intitulé : La gérontechnologie au service de la réadaptation : du laboratoire au domicile-Étude pilote sur les caractéristiques de la marche et de l'équilibre des femmes âgées chuteuses avec ou sans incontinence, daté du 16 décembre 2014.
- Formulaire d'information et de consentement, daté du 16 janvier 2015.
- Questionnaire téléphonique : Identification des sujets.

Cette approbation éthique est valide pour un an à compter du 16 janvier 2015. Un mois avant la date d'échéance, vous devrez faire une demande de renouvellement auprès du Comité d'éthique de la recherche de l'IUGM, en utilisant le formulaire du Comité prévu à cet effet.

Dans le cadre du suivi continu, le Comité vous demande de vous conformer aux exigences suivantes en utilisant les formulaires du Comité prévus à cet effet :

Comité d'éthique de la recherche de l'IUGM
4565, chemin Queen Mary, local R-1738
Montréal (Québec) H3W 1W5
Téléphone : 514-340-2800, poste 3250
Courriel : karima.bekhiti.iugm@ssss.gouv.qc.ca
Site du Comité : <http://www.criugm.qc.ca/fr/la-recherche/ethique.html>

- De soumettre, pour approbation préalable au Comité, toute demande de modification au projet de recherche ou à tout document approuvé par le Comité pour la réalisation de votre projet.
- De soumettre, dès que cela est porté à votre connaissance, les incidents thérapeutiques graves, les réactions indésirables graves, les réactions indésirables et inattendues et les accidents observés en cours de recherche.
- De soumettre, dès que cela est porté à votre connaissance, tout nouveau renseignement sur des éléments susceptibles d'affecter l'intégrité ou l'éthicité du projet de recherche ou d'accroître les risques et les inconvénients des sujets, de nuire au bon déroulement du projet ou d'avoir une incidence sur le désir d'un sujet de recherche.
- De soumettre, dès que cela est porté à votre connaissance, toute modification constatée au chapitre de l'équilibre clinique à la lumière des données recueillies.
- De soumettre, dès que cela est porté à votre connaissance, la cessation prématurée du projet de recherche, qu'elle soit temporaire ou permanente.
- De soumettre, dès que cela est porté à votre connaissance, tout problème identifié par un tiers, lors d'une enquête, d'une surveillance ou d'une vérification interne ou externe.
- De soumettre, dès que cela est porté à votre connaissance, toute suspension ou annulation de l'approbation octroyée par un organisme de subvention ou de réglementation.
- De soumettre, dès que cela est porté à votre connaissance, toute procédure en cours de traitement d'une plainte ou d'une allégation de manquement à l'intégrité ou à l'éthique ainsi que des résultats de la procédure.

Vous pouvez obtenir les formulaires du Comité téléchargeables à partir du site web du Centre de recherche IUGM, à l'adresse suivante <http://www.criugm.qc.ca/fr/la-recherche/ethique.html>

De plus, nous vous rappelons que vous devez conserver pour une période d'au moins un an suivant la fin du projet, un répertoire distinct comprenant les noms, prénoms, coordonnées, date du début et de fin de la participation de chaque sujet de recherche.

Finalement, nous vous rappelons que la présente décision vaut pour une année et pourra être suspendue ou révoquée en cas de non-respect de ces exigences.

Le Comité d'éthique de la recherche de l'IUGM est désigné par le ministre de la Santé et des Services sociaux, en vertu de l'application de l'article 21 du Code civil du Québec et suit les règles émises par l'Énoncé de politique des trois conseils et les Bonnes pratiques cliniques.

Avec l'expression de nos sentiments les meilleurs.



Johane de Champlain
Présidente du Comité d'éthique de la recherche
IUGM
JdeC/kb

p. j. Formulaire d'information et de consentement, approuvé

Annexe 6: Approbation éthique et convenance institutionnelle pour les étapes 3 et 4

Centre intégré
universitaire de santé
et de services sociaux
du Centre-Sud-
de l'Île-de-Montréal



Comité d'éthique de la recherche vieillissement-neuroimagerie

Montréal, le 20 juin 2017

Madame Jacqueline Rousseau, Ph. D.
a/s de madame Nolwenn Lapierre, Étudiante au doctorat
Centre de recherche de l'IUGM
4545, chemin Queen-Mary
Montréal (Québec) H3W 1W4

Objet: CER VN 16-17-36 : Approbation éthique finale.

Implantation d'un système de vidéosurveillance intelligente pour la détection des chutes en milieu de vie.

Madame,

Le Comité d'éthique de la recherche vieillissement-neuroimagerie a évalué votre projet de recherche à sa réunion du 6 mars 2017, tenue à l'IUGM. Lors de cette réunion, les documents suivants ont été examinés :

- Lettre d'introduction du chercheur principal datée du 24 janvier 2017
- Formulaire de demande d'évaluation d'un projet de recherche dûment complété signé et daté
- Protocole de recherche intitulé : Implantation d'un système de vidéosurveillance intelligente pour la détection des chutes en milieu de vie, daté du 7 février 2017, incluant les annexes.
- Formulaire d'information et de consentement.
- Copie de la lettre d'appui au projet de madame Jacqueline Rousseau, datée du 24 janvier 2017.

Suite à cette réunion, une approbation conditionnelle vous a été émise en date du 12 juin 2017. Vous nous avez soumis en date du 15 juin et du 19 juin 2017, les documents suivants :

- Protocole de recherche intitulé : Implantation d'un système de vidéosurveillance intelligente pour la détection des chutes en milieu de vie, daté du 14 juin 2017 – mode révision, incluant les annexes et instruments de mesure suivants :
 - Annexe 1 – Présentation succincte du projet par les collaborateurs cliniciens, datée du 14 juin 2017 – mode révision.
 - Annexe 2 – Questionnaire de recrutement téléphonique des aînés et explications du projet, datée du 14 juin 2017 – mode révision.
 - Annexe 3 – Questionnaire de recrutement téléphonique des proches-aidants et explications du projet, datée du 14 juin 2017 – mode révision.
 - Annexe 4 – questionnaire sociodémographique pour les aînés, datée du 14 juin 2017 – mode révision.
 - Annexes 5 à 10 – Carnets de questions T0 à T4 pour les aînés et les proches-aidants, datées du 14 juin 2017 – mode révision.
 - Annexe 11 – Questionnaire sociodémographique pour les proches-aidants, datée du 14 juin 2017 – mode révision.
 - Annexe 12 – Échelle de Zarit (S. Zarit et al., 1985), datée du 14 juin 2017.
 - Annexe 13 – FES - I (M. E. Tinetti et al., 1990), datée du 14 juin 2017.
 - Annexe 14 – Questionnaire inspiré du Survey of Activities and fear of falling in the Elderly, datée du 14 juin 2017.
 - Annexe 15 – Scénarios de simulation dans la chambre, datée du 14 juin 2017
 - Annexe 16 – Scénarios de simulation dans la salle de bain, datée du 14 juin 2017.
 - Annexe 17 – Scénarios de simulation dans la cuisine, datée du 14 juin 2017.

Direction de l'enseignement universitaire et de la recherche (DEUR)
CIUSSS du Centre-Sud-de l'Île-Montréal
66, rue Sainte-Catherine Est, Local 462
Montréal, Québec H2X 1K6
Téléphone : 514.527.9565, poste 3223
Courriel : karima.bekhiti.iugm@ssss.gouv.qc.ca
Site du Comité : <http://www.criugm.qc.ca/fr/la-recherche/ethique.html>

Page 1 sur 3

- Annexe 18 – Scénarios de simulation dans le salon, datée du 14 juin 2017.
- Annexe 19 – Scénarios de simulation dans le corridor, datée du 14 juin 2017.
- Annexe 20 – Grilles d’observation, datée du 14 juin 2017.
- Présentation du projet, datée du 14 juin 2017.
- Formulaire d’information et de consentement – participant et proche aidant, daté du 14 juin 2017.

Vos réponses et les modifications apportées à votre projet de recherche ont fait l’objet d’une évaluation. Lors de cette évaluation nous avons communiqué avec madame Nolwenn Lapiere pour obtenir plus de précision et avons apporté des modifications aux documents. Le tout étant maintenant jugé satisfaisant, j’ai le plaisir de vous informer que votre projet de recherche a été approuvé à l’unanimité par le Comité d’éthique de la recherche vieillissement-neuroimagerie.

Les documents que le Comité d’éthique de la recherche vieillissement-neuroimagerie a approuvés et que vous pouvez utiliser pour la réalisation de votre projet sont les suivants :

- Protocole de recherche intitulé : Implantation d’un système de vidéosurveillance intelligente pour la détection des chutes en milieu de vie, daté du 14 juin 2017, incluant les annexes et instruments de mesure.
- Annexes :
 - Annexe 1 – Présentation succincte du projet par les collaborateurs cliniciens, datée du 14 juin 2017 – mode révision.
 - Annexe 2 – Questionnaire de recrutement téléphonique des aînés et explications du projet, datée du 14 juin 2017.
 - Annexe 3 - Questionnaire de recrutement téléphonique des proches-aidants et explications du projet, datée du 14 juin 2017.
 - Annexe 4 – questionnaire sociodémographique pour les aînés, datée du 14 juin 2017 – mode révision.
 - Annexes 5 à 10 – Carnets de questions T0 à T4 pour les aînés et les proches-aidants, datées du 14 juin 2017.
 - Annexe 11 – Questionnaire sociodémographique pour les proches-aidants, datée du 14 juin 2017.
 - Annexe 12 –Échelle de Zarit (S. Zarit et al., 1985), datée du 14 juin 2017.
 - Annexe 13 – FES - I (M. E. Tinetti et al., 1990), datée du 14 juin 2017.
 - Annexe 14 - Questionnaire inspiré du Survey of Activities and fear of falling in the Elderly, datée du 14 juin 2017.
 - Annexe 15 – Scénarios de simulation dans la chambre, datée du 14 juin 2017
 - Annexe 16 – Scénarios de simulation dans la salle de bain, datée du 14 juin 2017.
 - Annexe 17 – Scénarios de simulation dans la cuisine, datée du 14 juin 2017.
 - Annexe 18 – Scénarios de simulation dans le salon, datée du 14 juin 2017.
 - Annexe 19 – Scénarios de simulation dans le corridor, datée du 14 juin 2017.
 - Annexe 20 – Grilles d’observation, datée du 14 juin 2017.
- Présentation du projet, datée du 14 juin 2017.
- Formulaire d’information et de consentement – participant et proche aidant, daté du 20 juin 2017.

Cette approbation éthique est valide pour un an à compter du 20 juin 2017, date de l’approbation finale. Un mois avant la date d’échéance, vous devrez faire une demande de renouvellement auprès du Comité d’éthique de la recherche vieillissement-neuroimagerie, en utilisant le document du Comité prévu à cet effet.

Dans le cadre du suivi continu, le Comité vous demande de vous conformer aux exigences suivantes en utilisant les formulaires du Comité prévus à cet effet :

1. De soumettre toute demande de modification au projet de recherche ou à tout document approuvé par le Comité pour la réalisation de votre projet.
2. De soumettre, dès que cela est porté à votre connaissance, tout nouveau renseignement ou toute modification à l’équilibre clinique susceptible d’affecter l’intégrité ou l’éthicité du projet de recherche, d’accroître les risques et les inconvénients pour les participants, de nuire au bon déroulement du projet ou d’avoir une incidence sur le désir d’un participant de continuer à participer au projet.
3. De soumettre, dès que cela est porté à votre connaissance et en lien avec la réalisation de ce projet, tout accident survenu dans votre site.
4. De soumettre, dès que cela est porté à votre connaissance, l’interruption prématurée du projet de recherche, qu’elle soit temporaire ou permanente.
5. De soumettre, dès que cela est porté à votre connaissance, tout problème constaté à la suite d’une activité de surveillance ou de vérification menée par un tiers et susceptible de remettre en question l’intégrité ou l’éthicité

du projet de recherche

6. De soumettre, dès que cela est porté à votre connaissance, toute suspension ou annulation de l'approbation octroyée par un organisme de subvention ou de réglementation.
7. De soumettre, dès que cela est porté à votre connaissance, toute procédure en cours de traitement d'une plainte ou d'une allégation de manquement à l'intégrité ou à l'éthicité ainsi que des résultats de la procédure.
8. De soumettre, dès que cela est porté à votre connaissance, toute déviation au projet de recherche susceptible de remettre en cause l'éthicité du projet.
9. De soumettre une demande de renouvellement annuel de l'approbation du projet de recherche.
10. De soumettre le rapport de la fin du projet de recherche.

Vous pouvez obtenir les formulaires du Comité téléchargeables à partir du site web du Centre de recherche IUGM, à l'adresse suivante <http://www.criugm.qc.ca/fr/la-recherche/ethique.html>

Nous vous rappelons que nous acheminerons l'approbation éthique finale de votre projet à la personne formellement mandatée responsable au CIUSSS du Centre-Sud-de-l'Île-de-Montréal pour que vous puissiez obtenir l'autorisation de réaliser votre projet dans les murs de l'établissement.

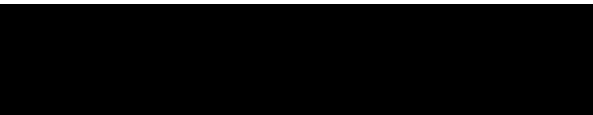
Nous vous rappelons, également, que vous ne pouvez commencer votre projet avant d'avoir obtenu l'autorisation de la personne formellement mandatée responsable au CIUSSS du Centre-Sud-de-l'Île-de-Montréal.

Nous vous rappelons que la présente décision vaut pour une année et peut être suspendue ou révoquée en cas de non-respect de ces exigences.

De plus, nous vous rappelons que vous devez conserver pour une période d'au moins un an suivant la fin du projet, un répertoire distinct comprenant les noms, prénoms, coordonnées, date du début et de fin de la participation de chaque sujet de recherche.

Le Comité d'éthique de la recherche vieillissement-neuroimagerie est désigné par le ministre de la Santé et des Services sociaux, en vertu de l'application de l'article 21 du Code civil du Québec et suit les règles émises par l'Énoncé de politique des trois conseils et les Bonnes pratiques cliniques.

Avec l'expression de nos sentiments les meilleurs.



Johane de Champlain
Présidente du CER vieillissement-neuroimagerie
JdeC/kb

- p. j. Protocole de recherche incluant les annexes et instruments de mesure, approuvé
Formulaire d'information et de consentement, participant et proche aidant approuvé
Présentation du projet, approuvée
Copie de l'accord de la convenance institutionnelle
Copie de l'accord de la convenance financière
- c. c. Madame Sylvie Simard, Directrice de l'enseignement universitaire et de la recherche
Personne mandatée par l'établissement pour autoriser la réalisation des projets de recherche

Montréal, le 16 février 2017

Madame Ginette Senez
Directrice du programme de soutien à l'autonomie des personnes âgées (SAPA)
CIUSSS Centre-Sud-de-l'Île-de-Montréal
Installation - Institut universitaire de gériatrie de Montréal
4565, chemin Queen Mary
Montréal (Québec) H3W 1W5

Objet : Demande d'examen de la convenance institutionnelle.

1. Numéro et titre du projet :																											
CER VN 16-17-36 - Implantation d'un système de vidéosurveillance intelligente pour la détection des chutes en milieu de vie																											
2. Chercheur responsable du projet :																											
Jacqueline Rousseau																											
3. Caractéristique et aspect à évaluer :																											
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Conforme</th> </tr> <tr> <th>Oui</th> <th>Non</th> <th>N/A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>			Conforme			Oui	Non	N/A	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conforme																											
Oui	Non	N/A																									
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																									
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																									
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																									
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																									
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																									
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																									
a)	Impact de la réalisation du projet compte tenu des autres activités de recherche en cours dans l'établissement, notamment en ce qui concerne la préoccupation de l'établissement d'éviter une sur-sollicitation de ses usagers.																										
b)	Disponibilité des installations, des équipements et des ressources humaines de l'établissement que le projet exige.																										
c)	Adéquation entre l'environnement de recherche local et le projet proposé.																										
d)	Aspects contractuels et financiers du projet.																										
e)	Modalités de la gestion des médicaments.																										
f)	Possibilité d'un arrimage entre le projet de recherche et les orientations de l'établissement.																										
<input type="checkbox"/> Projet n'impliquant aucune utilisation de ressource humaine, matérielle et financière de l'IUGM. <input checked="" type="checkbox"/> Projet impliquant l'utilisation de ressource humaine, matérielle et financière de l'IUGM.																											
4. Information et description :																											
5. Décision de la convenance institutionnelle :																											
<input checked="" type="checkbox"/> Projet approuvé sans condition. <input type="checkbox"/> Projet approuvé conditionnellement. <input type="checkbox"/> Projet refusé.																											
6. Commentaires :																											



1^{er} mars 2017
Date

Annexe 7 : Formulaire de consentement de l'étape 2



FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT

- Titre du projet de recherche :** La gérontechnologie au service de la réadaptation : du laboratoire au domicile-Étude pilote sur les caractéristiques de la marche et de l'équilibre des femmes âgées chuteuses avec ou sans incontinence.
- Chercheurs responsables :**
- Chantal Dumoulin, Pht, Ph.D., Centre de recherche de l'IUGM.
 - Jacqueline Rousseau, erg, Ph.D, Centre de recherche de l'IUGM.
- Co-chercheur :**
- Cyril Duclos, Ph.D, PT, Centre de recherche interdisciplinaire en Réadaptation, Institut de Réadaptation Gingras-Lindsay-de-Montréal.
- Équipe de recherche:**
- Nolwenn Lapierre (doctorante)
 - Étudiant aux cycles supérieurs
 - Lucie Dubreucq.
- Organisme subventionnaire :** Regroupement Thématique en Réadaptation et Gérontechnologies du Réseau Québécois de Recherche sur le Vieillissement (RQVR).

Préambule

Nous vous invitons à participer à un projet de recherche. Cependant, avant d'accepter de participer à ce projet et de signer ce formulaire d'information et de consentement, veuillez prendre le temps de lire, de comprendre et de considérer attentivement les renseignements qui suivent.

Ce formulaire peut contenir des mots que vous ne comprenez pas. Nous vous invitons à poser toutes les questions que vous jugerez utiles au chercheur responsable du projet ou à un membre de son équipe de recherche et à leur demander de vous expliquer tout mot ou renseignement qui n'est pas clair.

Nature et objectifs du projet de recherche

Parmi la population âgée féminine, 20% chutent à domicile alors que chez les femmes âgées incontinentes (qui ont des fuites urinaires) le pourcentage est de 29%. La fréquence des chutes est donc plus grande chez les femmes incontinentes que chez les femmes continentes (qui n'ont pas de fuites). Nous voulons mieux comprendre ce phénomène.

L'objectif est d'étudier le lien entre les caractéristiques de la marche et de l'équilibre et la présence ou de l'absence de l'incontinence. Lors de cette étude, on pourra explorer, dans deux contextes (laboratoire et domicile), une nouvelle technologie (précisément la vidéosurveillance intelligente) pour caractériser la marche et l'équilibre des femmes chuteuses lors de situations de présence et d'absence d'envie pressante d'uriner.

Pour la réalisation de ce projet de recherche, nous comptons recruter au total 40 participantes qui ont fait une chute dans la dernière année, âgées de 65 et plus. Ces 40 participantes seront réparties en 2 groupes, 20 femmes continentes et 20 avec incontinence urinaire mixte ou d'urgence.

Déroulement du projet de recherche

Ce projet de recherche comporte deux volets.

Pour le premier volet, vous serez invitée à participer à une évaluation d'une durée d'environ deux heures qui se déroulera au laboratoire de Cyril Duclos de l'Institut de réadaptation Gingras-Lindsay de Montréal (IRGLM).

Pour le deuxième volet, 6 participantes seront invitées à participer à cette partie de l'étude qui se déroulera à domicile sur une durée de 7 jours.

I. Premier volet.

1. Évaluation d'éligibilité (15 minutes).

Lors de cette évaluation, une physiothérapeute formée à l'évaluation de l'incontinence urinaire récupérera votre journal urinaire et la serviette sanitaire que vous aurez portée pendant 24 heures. Ce journal urinaire et cette serviette sanitaire vous auront été envoyés par la poste une semaine avant. Ceci nous permettra de confirmer votre éligibilité à l'étude à votre arrivée.

Si vous êtes éligible, vous serez invitée à procéder, dans l'immédiat, à l'évaluation. Si vous n'êtes pas éligible, un document informatif sur l'incontinence urinaire et la prévention des chutes, vous sera remis.

2. Évaluation en laboratoire (2 heures):

Lors de cette évaluation, une physiothérapeute formée en rééducation des muscles du plancher pelvien et une technicienne de laboratoire vous accompagneront et vous aideront. Initialement, vous irez à la toilette afin de bien vider votre vessie. Vous mettrez une protection (maxi) afin de vous protéger des fuites urinaires.

On effectuera trois tests pour voir la force dans vos membres inférieurs et votre équilibre. Un des tests est de vous asseoir et vous lever le plus de fois possible en 30 secondes. Les autres tests sont de vous pencher vers l'avant de face et de côté le plus loin possible en gardant votre équilibre.

Ensuite, la technicienne en laboratoire installera des marqueurs (petits collants) sur votre corps afin de mieux visualiser vos articulations. Puis, on vous invitera à boire de l'eau en remplissant des questionnaires et à nous informer, au fur et à mesure, de votre envie d'uriner à l'aide d'une question simple.

Lors d'une envie pressante d'uriner, on vous demandera de :

- Marcher sur un tapis roulant pendant 1 minute
- Vous lever, marcher 3 mètres, revenir et vous asseoir, à 3 reprises

Les marqueurs infrarouges installés sur votre corps et un système de caméras qui filmiera ces deux tâches nous permettront de bien analyser les mouvements de votre corps. Dès la fin du test, vous pourrez accéder à une toilette rapidement. À ce moment, on récupérera la protection que vous aurez portée pour la durée du test.

Ce test sera répété une deuxième fois, immédiatement après, à vessie vide.

3. Évaluation par questionnaires:

Lors de cette étape, une physiothérapeute formée en rééducation des muscles du plancher pelvien, évaluera à l'aide de questionnaires :

- La présence/absence de différents symptômes d'incontinence urinaire et leur impact sur votre qualité de vie
- Votre niveau de confiance par rapport aux fuites d'urine
- Votre santé générale
- Votre médication
- Vos capacités cognitives (mémoire et attention)
- Votre historique de chutes dans la dernière année
- Votre peur de tomber
- Le niveau de confiance dans votre équilibre
- L'accomplissement de certaines tâches de la vie quotidienne

II. Deuxième volet. Expérimentation à domicile

1. Évaluation de votre domicile.

Une visite à votre domicile sera réalisée par deux membres de l'équipe de recherche :

- 1) pour s'assurer que votre domicile répond aux critères de sélection.
- 2) pour prendre des photos de l'environnement afin de réfléchir à la disposition optimale des caméras en prévision de l'expérimentation.

2. Installation du matériel.

Des petites caméras autonomes de type jour/nuit disposant d'éclairage infrarouge et d'une carte mémoire pour sauvegarder les enregistrements (p.ex. : Samsung SmartCam HD pro) seront installées sur des trépieds en hauteur dans l'un des coins de trois pièces du domicile (chambre à coucher, corridor et salle de bain).

3. Évaluation.

Ces petites caméras permettront, lors de la détection de mouvements, de filmer, en temps réel, le contexte suivant : si vous vous levez pour vous rendre à la toilette, la nuit.

Les caméras seront programmées de façon personnalisée, c'est-à-dire que la « fenêtre » d'enregistrement sera délimitée selon vos habitudes. Par exemple, la participante qui se couche habituellement vers 22 heures et qui se lève vers 7 heures verra ses caméras programmées pour cette fenêtre temporelle. Cette programmation personnalisée évitera d'enregistrer en dehors de la période d'expérimentation.

4. Vérification du matériel.

Afin de s'assurer du bon fonctionnement des caméras, une vérification de l'acquisition des données sera réalisée le lendemain de l'installation, soit après la première nuit. Cette vérification sera effectuée par deux membres de l'équipe de recherche.

5. Surveillance.

Étant donné que les caméras ne sont pas dotées d'un dispositif d'alerte en cas de chute, nous voulons nous assurer que pendant votre participation vous n'aurez pas chuté. Par conséquent, un membre de l'équipe de recherche vous téléphonera chaque matin, à l'heure qui sera convenue. S'il n'y a aucune réponse, nous nous déplacerons à votre domicile pour vérifier la situation.

6. Fin de l'évaluation.

Après les sept nuits d'acquisition d'images, nous récupérerons la carte mémoire de chacune des caméras et le matériel utilisé.

7. Traitement des images.

La carte mémoire de chacune des caméras sera récupérée par un membre de l'équipe de recherche; les deux seules personnes qui en auront l'accès sont cette personne et une des chercheuses responsables, Jacqueline Rousseau.

De plus, les vidéos provenant de la salle de bain feront l'objet d'un traitement particulier afin de préserver votre intimité. Les images filmées et enregistrées sur la carte mémoire de la salle de bain ne seront pas visionnées directement. En effet à l'aide d'un logiciel, nous procéderons à une transformation automatisée, et ce, pour préserver votre intimité.

La transformation se fait ainsi : le logiciel remplacera le corps de la personne par une silhouette dont le contour sera délimité. Voir la figure 1 à titre d'exemple.

Ainsi, personne ne verra les images au moment de la transformation sauf pour une vérification ponctuelle du bon fonctionnement lors de la transformation. Le contenu de chaque carte mémoire de chaque caméra sera conservé sous clé (classeur verrouillé au CRIUGM accessible uniquement par la chercheuse principale J. Rousseau) et le contenu sera effacé 2 ans après la fin des analyses des données.



Figure 1 : Exemple de traitement d'une image afin de préserver l'intimité des participantes.

Avantages associés au projet de recherche

Il se peut que vous retiriez un bénéfice personnel de votre participation à ce projet de recherche, mais on ne peut vous l'assurer. Par ailleurs, les résultats obtenus contribueront à l'avancement des connaissances scientifiques dans ce domaine de recherche.

Risques associés au projet de recherche

Étant donné que les tests physiques se feront entre autres lors d'une envie pressante d'uriner, il est possible d'avoir des fuites urinaires. Une protection (maxi) vous sera fournie pour toute la durée de l'évaluation pour éviter les accidents. Au besoin, vous pourrez changer votre protection.

Participation volontaire et possibilité de retrait

Votre participation à ce projet de recherche est volontaire. Vous êtes donc libre de refuser d'y participer. Vous pouvez également vous retirer de ce projet à n'importe quel moment, sans avoir à donner de raisons, en faisant connaître votre décision au chercheur responsable du projet ou à l'un des membres de l'équipe de recherche.

Votre décision de ne pas participer à ce projet de recherche ou de vous en retirer n'aura aucune conséquence sur la qualité des soins et des services auxquels vous avez droit ou sur votre relation avec le chercheur responsable du projet et les autres intervenants.

Le chercheur responsable du projet de recherche, le Comité d'éthique de la recherche de l'IUGM, le Comité d'éthique de la recherche des établissements du CRIR ou l'organisme subventionnaire peuvent mettre fin à votre participation, sans votre consentement, si de nouvelles découvertes ou informations indiquent que votre participation au projet n'est plus dans votre intérêt, si vous ne respectez pas les consignes du projet de recherche ou s'il existe des raisons administratives d'abandonner le projet.

Si vous vous retirez ou êtes retiré du projet, l'information déjà obtenue dans le cadre de ce projet sera conservée aussi longtemps que nécessaire pour rencontrer les exigences réglementaires.

Toute nouvelle connaissance acquise durant le déroulement du projet qui pourrait affecter votre décision de continuer d'y participer vous sera communiquée sans délai verbalement et par écrit.

Confidentialité

Durant votre participation à ce projet, le chercheur responsable ainsi que son personnel recueilleront et consigneront dans un dossier de recherche les renseignements vous concernant. Seuls les renseignements nécessaires pour répondre aux objectifs scientifiques de ce projet seront recueillis.

Ces renseignements peuvent comprendre les informations concernant votre état de santé passé et présent, vos habitudes de vie ainsi que les résultats de tous les tests, examens et procédures que vous aurez à faire durant ce projet. Votre dossier peut aussi comprendre d'autres renseignements tels que votre nom, votre sexe, votre date de naissance et votre origine ethnique.

Tous les renseignements recueillis demeureront confidentiels dans les limites prévues par la loi. Afin de préserver

vosre identité et la confidentialité des renseignements, vous ne serez identifié que par un numéro de code. La clé du code reliant votre nom à votre dossier de recherche sera conservée par le chercheur responsable.

Le chercheur responsable du projet utilisera les données à des fins de recherche dans le but de répondre aux objectifs scientifiques du projet décrits dans le formulaire d'information et de consentement.

Les données de recherche pourront être publiées dans des revues scientifiques ou faire l'objet de discussions scientifiques, mais il ne sera pas possible de vous identifier. Également, les données de recherche pourraient servir pour d'autres analyses de données reliées au projet ou pour l'élaboration de projets de recherches futurs. Par ailleurs, vos renseignements personnels, tels que votre nom ou vos coordonnées, seront conservés pendant 5 ans après la fin du projet par le chercheur responsable et seront détruits par la suite.

À des fins de surveillance et de contrôle, votre dossier de recherche pourra être consulté par une personne mandatée par le Comité d'éthique de la recherche de l'IUGM ou par le Comité d'éthique de la recherche des établissements du CRIR ou par les établissements ou par une personne mandatée par des organismes publics autorisés. Toutes ces personnes et ces organismes adhèrent à une politique de confidentialité.

En conformité avec la loi sur l'accès, vous avez le droit de consulter votre dossier de recherche pour vérifier les renseignements recueillis, et les faire rectifier au besoin, et ce, aussi longtemps que le chercheur responsable du projet détient ces informations.

Études ultérieures

Acceptez-vous que vos données de recherche soient utilisées pour réaliser d'autres projets de recherche soit dans le domaine de l'incontinence et du vieillissement ou soit dans le domaine de la promotion de la santé, des soins et des interventions.

Ces projets de recherche seront évalués et approuvés par le Comité d'éthique de la recherche de l'IUGM avant leur réalisation. Vos données de recherche seront conservées de façon sécuritaire dans la Banque de données du Centre de recherche de l'IUGM, et ce, conformément à la politique de gestion de la Banque de données du Centre de recherche de l'IUGM. Afin de préserver votre identité et la confidentialité de vos données de recherche, vous ne serez identifié que par un numéro de code.

Vos données de recherche seront conservées aussi longtemps qu'elles peuvent avoir une utilité pour l'avancement des connaissances scientifiques. Lorsqu'elles n'auront plus d'utilité, vos données de recherche seront détruites. Par ailleurs, notez qu'en tout temps, vous pouvez demander la destruction de vos données de recherche en vous adressant au chercheur responsable de ce projet de recherche.

Acceptez-vous que vos données de recherche soient utilisées à ces conditions? ☐ **Oui** ☐ **Non**

Participation à des études ultérieures

Acceptez-vous que le chercheur responsable du projet ou un membre de son équipe de recherche reprenne contact avec vous pour vous proposer de participer à d'autres projets de recherche? Bien sûr, lors de cet appel, vous serez libre d'accepter ou de refuser de participer aux projets de recherche proposés. ☐ **Oui** ☐ **Non**

Financement du projet de recherche

Le chercheur responsable du projet a reçu un financement du Réseau québécois de recherche sur le vieillissement (RQRV) pour mener à bien ce projet de recherche.

Compensation

Vous recevrez une compensation de 40 dollars pour l'évaluation en laboratoire. Pour celles qui participeront au volet à domicile une compensation de 150\$ vous sera remise. Si vous vous retirez ou si vous êtes retiré du projet avant qu'il ne soit complété, vous recevrez un montant proportionnel à votre participation.

Indemnisation en cas de préjudice et droits du sujet de recherche

Si vous deviez subir quelque préjudice que ce soit dû à votre participation au projet de recherche, vous recevrez tous les soins et services requis par votre état de santé, sans frais de votre part.

En acceptant de participer à ce projet, vous ne renoncez à aucun de vos droits ni ne libérez les chercheurs, l'organisme subventionnaire et les établissements de leur responsabilité civile et professionnelle.

Procédures en cas d'urgence médicale

Veuillez noter que l'Institut Universitaire de Gériatrie de Montréal et l'institut de réadaptation Gingras-Lindsay de Montréal ne sont pas des centres hospitaliers de soins de courte durée qui offrent des services d'urgence et qui comptent sur la présence sur place d'un médecin 24 heures sur 24. Par conséquent, advenant une condition médicale qui nécessiterait des soins immédiats, les premiers soins vous seront dispensés par le personnel en place et des dispositions seront prises afin de vous transférer, si nécessaire, aux urgences d'un hôpital avoisinant.

Identification des personnes-ressources

Si vous avez des questions concernant le projet de recherche ou si vous éprouvez un problème que vous croyez relié à votre participation au projet de recherche, vous pouvez communiquer avec le chercheur responsable du projet de recherche, avec Madame Jacqueline Rousseau, Ph.D au (514) 340-3540, poste 3249 ou avec Madame Chantale Dumoulin Ph. D., au (514) 340-3540, poste 4153.

Pour toute question concernant vos droits en tant que sujet participant à ce projet de recherche ou si vous avez des plaintes ou des commentaires à formuler, vous pouvez communiquer avec le commissaire local aux plaintes et à la qualité des services de l'IUGM au (514) 340-2109.

Surveillance des aspects éthiques du projet de recherche

Le Comité d'éthique de la recherche de l'IUGM et le Comité d'éthique de la recherche des établissements du CRIR ont approuvé ce projet de recherche et en assurent le suivi. De plus, ils approuveront au préalable toute révision et toute modification apportée au protocole de recherche et au formulaire d'information et de consentement. Pour toute information, vous pouvez joindre :

- Le Comité d'éthique de la recherche de l'IUGM, par téléphone au (514) 340.2800, poste 3250 ou par courriel à l'adresse suivante: karima.bekhiti.iugm@ssss.gouv.qc.ca
- Me Anick Nolet du Comité d'éthique de la recherche des établissements du CRIR au (514) 527-4527, poste 2649.

Consentement

Titre du projet de recherche : La gérontechnologie au service de la réadaptation : du laboratoire au domicile-Étude pilote sur les caractéristiques de la marche et de l'équilibre des femmes âgées chuteuses avec ou sans incontinences.

1. Consentement de la participante.

J'ai pris connaissance du formulaire d'information et de consentement. Je reconnais qu'on m'a expliqué le projet, qu'on a répondu à mes questions et qu'on m'a laissé le temps voulu pour prendre une décision.

Je consens à participer à ce projet de recherche aux conditions qui y sont énoncées. Une copie signée et datée du présent formulaire d'information et de consentement m'a été remise.

Nom et signature de la participante.

Date

2. Signature de la personne qui a obtenu le consentement si différent du chercheur responsable du projet de recherche.

J'ai expliqué à la participante les termes du présent formulaire d'information et de consentement et j'ai répondu aux questions qu'elle m'a posées.

Nom et signature de la personne qui obtient le consentement.

Date

3. Signature et engagement du chercheur responsable du projet

Je certifie qu'on a expliqué à la participante les termes du présent formulaire d'information et de consentement, que l'on a répondu aux questions que la participante avait à cet égard et qu'on lui a clairement indiqué qu'elle demeure libre de mettre un terme à sa participation, et ce, sans préjudice.

Je m'engage, avec l'équipe de recherche, à respecter ce qui a été convenu au formulaire d'information et de consentement et à en remettre une copie signée à la participante.

Nom et signature du chercheur responsable du projet de recherche

Date

Annexe 8 : Formulaire de consentement de l'étape 3



Comité d'éthique de la recherche vieillissement-neuroimagerie

FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT

Titre du projet de recherche :	Implantation d'un système de vidéosurveillance intelligente pour la détection des chutes en milieu de vie.
Chercheur responsable du projet de recherche :	Jacqueline Rousseau, Ph.D., OT, École de réadaptation, Université de Montréal, chercheur au Centre de recherche de l'Institut universitaire de Montréal.
Co-chercheur :	Jean Meunier, Ph.D., Département d'informatique et de recherche opérationnelle, Université de Montréal.
Membres du personnel de recherche :	<ul style="list-style-type: none">Alain St-Arnaud, M.A, Centre de santé et de services sociaux Lucille-Teasdale.Nolwenn Lapierre, M.Sc, étudiante au doctorat, Faculté de médecine, Université de Montréal. Centre de recherche de l'Institut universitaire de Montréal, Montréal.
Établissements participants :	<ul style="list-style-type: none">CIUSSS Centre-Sud-de-l'Île-de-Montréal.CIUSSS Est-de-l'Île-de-Montréal.

1. Introduction

Nous vous invitons vous et votre proche-aidant à participer à un projet de recherche. Cependant, avant d'accepter de participer à ce projet et de signer ce formulaire d'information et de consentement, veuillez prendre le temps de lire, de comprendre et de considérer attentivement les renseignements qui suivent.

Ce formulaire peut contenir des mots que vous ne comprenez pas. Nous vous invitons à poser toutes les questions que vous jugerez utiles au chercheur responsable de ce projet ou à un membre de son personnel de recherche et à leur demander de vous expliquer tout mot ou renseignement qui n'est pas clair.

2. Nature et objectifs du projet de recherche

Trente pourcent des aînés chutent chaque année or les conséquences des chutes sont nombreuses et graves (ex.: blessures, perte d'indépendance) et s'aggravent lorsque l'aîné ne peut se relever seul après la chute. Détecter et alerter rapidement après une chute à domicile devient primordial. Les technologies de détection des chutes sont prometteuses pour répondre à cette problématique, mais les systèmes existants ont des limites freinant leur utilisation.

C'est pourquoi la vidéosurveillance intelligente (VSI) a été développée. Composée de caméras (1≥ /pièce) chacune reliées à un ordinateur et à internet ou à un réseau cellulaire, la VSI détecte la chute et envoie une alerte immédiatement au répondant choisi par l'aîné (ex. proche-aidant). Le système respecte la vie privée par son fonctionnement en circuit fermé et la possibilité de brouiller les images à la demande. En absence de chute, personne ne peut accéder aux images, mais en cas de chute, le proche-aidant répondant recevra une image de l'aîné au moment où l'alerte a été envoyée. L'accès à ces images sera protégé par un mot de passe. L'enregistrement des 30 secondes précédant la chute est aussi possible pour documenter la cause des chutes.

Le but de l'étude est d'explorer l'usage de la VSI pour détecter les chutes et identifier les causes à des fins de prévention, d'intervention et de maintien à domicile pour améliorer la qualité de vie de l'aîné à risque de chute et diminuer le fardeau du proche-aidant.

Pour la réalisation de ce projet de recherche qui est une étude de faisabilité, nous comptons recruter 6 participants, hommes et femmes. Trois aînés participants âgés de 65 et plus, vivant seul et chutant fréquemment (≥1 chute par mois) et leur proche-aidant (trois proches-aidants recrutés) âgés de 18 ans et plus.

3. Déroulement du projet de recherche

Formulaire d'information et de consentement approuvé le 20 juin 2017 par le Comité d'éthique de la recherche vieillissement-neuroimagerie.
CER VN 16-17 - 36 - participant majeur - version du 20 juin 2017.

Page 1 sur 7

3.1 Nature de la participation de la personne âgée vivant seule et chutant fréquemment.

Le projet consiste en l'implantation de la VSI à votre domicile avec le proche-aidant de votre choix comme répondant de l'alerte. La VSI sera implantée pour une période de 3 mois consécutifs.

Le projet comporte minimalement 5 visites à domicile. Au besoin, une visite dans le but d'ajuster la VSI peut être ajoutée dans certains cas.

Durant l'implantation, chaque jour, un membre du personnel de recherche vous passera un court appel téléphonique pour vérifier que vous n'avez pas chuté et que la VSI fonctionne. Cet appel est aussi l'occasion de répondre à vos questions si vous en avez.

3.1.1 Première rencontre :

Lors de la première rencontre, un membre du personnel de recherche se rendra chez vous. Il vous expliquera le formulaire d'information et de consentement. Si vous souhaitez toujours participer, après la signature du formulaire, un croquis de votre domicile sera fait et des photos des lieux potentiels d'installation de la VSI seront prises et une grille d'observation du domicile sera complétée. L'ensemble de ces renseignements demeurera confidentiel.

Ensuite, vous répondrez à un questionnaire lors d'une entrevue individuelle concernant vos renseignements personnels, vos habitudes de vie, votre utilisation de la technologie et vos *a priori* concernant la VSI. Cette entrevue sera enregistrée (audio). Vous aurez de plus à compléter trois questionnaires portant sur vos impressions par rapport à la technologie.

Pour les visites régulières, que ce soit des intervenant pour des services (ex. infirmier) ou des invité, les moments de ces visites seront aussi pris en notes afin de programmer la VSI pour qu'elle soit désactivée lors de ces visites.

3.1.2 Deuxième rencontre : Installation de la VSI

La VSI sera installée par un professionnel de recherche en informatique et un membre du personnel de recherche. Votre proche-aidant sera le répondant de l'alerte en cas de chute. Si le système détecte une chute, un membre du personnel de recherche recevra aussi l'alerte pour détecter les fausses alertes, mais il n'interviendra pas à votre domicile.

Une affiche signalant la présence de caméras à domicile sera installée à l'intérieur de votre domicile, proche de l'entrée, afin de prévenir les éventuels visiteurs.

L'installation de la VSI se fera grâce à une pôle entre le sol et le plafond, les murs ne seront donc pas percés. Le système sera installé dans les zones à risque de chute, c'est à dire les zones que vous fréquentez le plus (ex : la chambre, le salon, la cuisine, le corridor et la salle de bain) que l'on déterminera avec vous.

Pendant la première semaine, la VSI sera en calibrage et ne détectera pas les chutes.

3.1.3 Troisième rencontre :

Sept jours après l'installation, un professionnel de recherche en informatique accompagné d'un membre de l'équipe de recherche vérifiera l'installation de la VSI. Si tout fonctionne, ils activeront la détection des chutes par la VSI.

Avec votre consentement, les trente secondes précédant la chute seront conservées afin d'analyser les causes des chutes. Les images conservées seront brouillées afin que vous ne soyez pas reconnaissable et les images conservées vous seront montrées afin de s'assurer de votre consentement. Pour rappel, aucune image ne peut être visionnée sans mot de passe et en absence de chute, toutes les images sont détruites au fur à mesure que la VSI détecte l'absence de chute.

Acceptez-vous que les images des trente secondes précédant la chute soient conservées par l'équipe de recherche?

☐ Oui ☐ Non

3.1.4 Quatrième rencontre :

Après un mois et demi d'implantation, vous passerez une entrevue individuelle (en personne) concernant votre perception de l'utilisation de la VSI. L'entrevue sera similaire à la première et sera enregistrée (audio).

3.1.5 Cinquième rencontre

Au bout de trois mois d'implantation, vous devrez à nouveau répondre à trois questionnaires. Vous devrez aussi passer une entrevue individuelle. L'entrevue sera similaire aux deux précédentes et sera enregistrée (audio).

Le matériel sera désinstallé par un membre de notre équipe de recherche et par le professionnel de recherche en informatique.

3.2 Nature de la participation du proche aidant.

Le projet consiste en l'implantation de la VSI au domicile de l'ainé, vous serez le répondant de l'alerte en cas de chute. Vous recevrez l'alerte par courriel sur votre téléphone intelligent ou votre ordinateur. L'alerte contiendra un hyperlien vers l'image de l'ainé lors de la chute, cette image sera protégée par un mot de passe et brouillée. Pour rappel, aucune image ne peut être visionnée sans mot de passe. En absence de chute toutes les images sont détruites au fur et à mesure que la VSI détecte l'absence de chute.

La VSI sera implantée pour une période de 3 mois consécutifs.

Le projet comporte 3 rencontres avec vous à votre domicile ou autre endroit de votre choix. Durant l'implantation, nous vous demanderons de remplir un journal de bord quotidiennement pour signaler si une chute ou un évènement inhabituel s'est produit.

3.2.1. Première rencontre :

Un membre de l'équipe de recherche vous expliquera le formulaire d'information et de consentement et si vous souhaitez toujours participer, après la signature du formulaire, vous répondrez à un questionnaire lors d'une entrevue individuelle (en personne) concernant vos renseignements personnels, vos habitudes de vie, votre utilisation de la technologie et vos *a priori* concernant la VSI. Cette entrevue sera enregistrée (audio). Un membre de l'équipe de recherche vous fera aussi passer un autre questionnaire.

3.2.2. Deuxième rencontre :

Après un mois et demi d'implantation, vous passerez une entrevue individuelle (en personne) avec un membre de l'équipe de recherche concernant votre perception de l'utilisation de la VSI. L'entrevue sera similaire à la première et sera enregistrée (audio).

3.2.3. Troisième rencontre :

Au bout des trois mois d'implantation, un membre de l'équipe de recherche vous fera à nouveau passer deux questionnaires portant sur vos impressions par rapport à la technologie (en personne). L'entrevue sera similaire aux précédentes et sera enregistrée (audio).

4. Avantages associés au projet de recherche

Il se peut que vous retiriez un bénéfice personnel de votre participation à ce projet de recherche, mais nous ne pouvons vous l'assurer. Par ailleurs, les résultats obtenus contribueront à l'avancement des connaissances scientifiques dans ce domaine de recherche.

5. Inconvénients associés au projet de recherche

Outre le temps consacré à la participation à ce projet de recherche, vous pourriez également ressentir un sentiment d'intrusion lié à la présence de caméra à votre domicile. Des stratégies ont été mises en place pour minimiser cet inconvénient: le fonctionnement en circuit fermé préserve l'intimité car personne n'a accès aux images en dehors de celle de la chute.

Si vous acceptez que l'on enregistre les images trente secondes précédant la chute, ces images seront brouillées afin qu'on ne puisse pas vous reconnaître et seule l'équipe de recherche aura accès à ces images. Si vous chutez lors d'une visite non programmée, il se pourrait que votre visiteur soit visible sur les bandes vidéos enregistrées. Dans ce cas, les images seront détruites. Afin de minimiser cet inconvénient, une affiche prévenant de la présence de caméra sera installée à l'entrée de votre domicile.

Les faux-positifs, c'est à dire une alerte de chute envoyée alors que vous n'avez pas chuté, pourraient être générés par la VSI en raison de son stade de développement et pourraient vous incommoder ainsi que votre proche-aidant. S'ils deviennent inconfortables, les seuils de détection de la VSI seront ajustés afin de limiter cet inconvénient. Ils

seront réduits grâce à la première semaine d'implantation où le système sera en apprentissage seulement (l'apprentissage continuera tout au long du projet, même lorsque la détection des chutes sera activée, afin que le système ajuste les seuils au besoin). Les faux positifs lors de visites en dehors des plages horaires habituelles seront plus fréquents, il s'agit du fonctionnement normal du système et non de mal fonction.

6. Participation volontaire et possibilité de retrait

Votre participation à ce projet de recherche est volontaire. Vous êtes donc libre de refuser d'y participer. Vous pouvez également vous retirer de ce projet à n'importe quel moment, sans avoir à donner de raisons, en informant l'équipe de recherche.

Votre décision de ne pas participer à ce projet de recherche ou de vous en retirer n'aura aucune conséquence sur la qualité des soins et des services auxquels vous avez droit ou sur votre relation avec les équipes qui les dispensent.

Le chercheur responsable de ce projet de recherche et le Comité d'éthique de la recherche vieillissement-neuroimagerie peuvent mettre fin à votre participation, sans votre consentement. Cela peut se produire si de nouvelles découvertes ou informations indiquent que votre participation au projet n'est plus dans votre intérêt, si vous ne respectez pas les consignes du projet de recherche ou encore s'il existe des raisons administratives d'abandonner le projet.

Si vous vous retirez du projet ou êtes retiré du projet, l'information déjà recueillie dans le cadre de ce projet sera néanmoins conservée, analysée ou utilisée pour assurer l'intégrité du projet.

Toute nouvelle connaissance acquise durant le déroulement du projet qui pourrait avoir un impact sur votre décision de continuer à participer à ce projet vous sera communiquée rapidement.

7. Confidentialité

Durant votre participation à ce projet de recherche, le chercheur responsable de ce projet ainsi que les membres de son personnel de recherche recueilleront, dans un dossier de recherche, les renseignements vous concernant et nécessaires pour répondre aux objectifs scientifiques de ce projet de recherche.

Pour les participants âgés, ces renseignements, recueillis lors du projet par le biais des questionnaires, des enregistrements vidéos, des croquis et photos du domicile, comprendront les informations concernant votre état de santé passé et présent, vos habitudes de vie, votre historique de chute, la prise de médicament influençant votre risque de chute, vos réponses aux questionnaires, les renseignements concernant votre domicile, les enregistrements vidéo des chutes et toutes autres données pertinentes recueillies pendant la période d'implantation. Votre dossier comprendra aussi votre nom, votre sexe, votre date de naissance, votre tranche de revenu et votre niveau d'étude.

Pour les proches-aidants, ces renseignements, recueillis lors du projet par le biais des questionnaires et du journal de bord, comprendront vos informations personnelles (date de naissance, tranche de revenu, niveau d'études), vos réponses aux questionnaires, les éléments de votre journal de bord et toutes autres informations pertinentes recueillies pendant la période d'implantation.

Tous les renseignements recueillis demeureront confidentiels dans les limites prévues par la loi. Afin de préserver votre identité et la confidentialité de ces renseignements, vous ne serez identifié que par un numéro de code. La clé du code reliant votre nom à votre dossier de recherche sera conservée par le chercheur responsable de ce projet de recherche. De plus, les images ou enregistrements vidéos seront brouillés automatiquement tel que présenté sur la figure 1, personne ne pourra vous identifier. Leur visionnement sera limité à l'équipe de recherche identifiée dans ce formulaire d'information et de consentement.



Figure 1 : exemple de traitement d'une image pour préserver la vie privée.

Les renseignements recueillis, à titre de données de recherche, seront utilisés par le chercheur responsable de ce projet dans le but de répondre aux objectifs scientifiques du projet décrits dans le formulaire d'information et de consentement.

Ces données de recherche seront conservées pendant au moins 5 ans par le chercheur responsable de ce projet de recherche. Les données de recherche pourront être publiées ou faire l'objet de discussions scientifiques, mais il ne sera pas possible de vous identifier.

À des fins de surveillance, de contrôle, de protection, de sécurité, votre dossier de recherche pourra être consulté par une personne mandatée par des organismes réglementaires, de l'établissement ou du Comité d'éthique de la recherche vieillissement-neuroimagerie. Ces personnes et ces organismes adhèrent à une politique de confidentialité.

Vous avez le droit de consulter votre dossier de recherche pour vérifier les renseignements recueillis et les faire rectifier au besoin.

8. Études ultérieures

Acceptez-vous que vos données de recherche soient utilisées par le chercheur responsable de ce projet de recherche pour réaliser d'autres projets de recherche soit dans le domaine de la neuroscience du vieillissement ou soit dans le domaine de la promotion de la santé, des soins et des interventions.

Ces projets de recherche seront évalués et approuvés par le Comité d'éthique de la recherche vieillissement-neuroimagerie avant leur réalisation. Vos données de recherche seront conservées de façon sécuritaire dans les serveurs informatiques du Centre de recherche de l'IUGM. Afin de préserver votre identité et la confidentialité de vos données de recherche, vous ne serez identifié que par un numéro de code.

Vos données de recherche seront conservées aussi longtemps qu'elles peuvent avoir une utilité pour l'avancement des connaissances scientifiques. Lorsqu'elles n'auront plus d'utilité, vos données de recherche seront détruites. Par ailleurs, notez qu'en tout temps, vous pouvez demander la non-utilisation de vos données de recherche en vous adressant au chercheur responsable de ce projet de recherche.

Acceptez-vous que vos données de recherche soient utilisées à ces conditions pour réaliser d'autres projets de recherche? ☐ **Oui** ☐ **Non**

9. Participation à des études ultérieures

Acceptez-vous que le chercheur responsable de ce projet de recherche ou un membre de son personnel de recherche reprenne contact avec vous pour vous proposer de participer à d'autres projets de recherche? Bien sûr, lors de cet appel, vous serez libre d'accepter ou de refuser de participer aux projets de recherche proposés.

☐ **Oui** ☐ **Non**

10. Possibilité de commercialisation

Les résultats de la recherche découlant notamment de votre participation pourraient mener à la création de produits commerciaux. Cependant, vous ne pourrez en retirer aucun avantage financier.

11. Compensation

En guise de compensation pour les frais encourus en raison de votre participation au projet de recherche, vous recevrez un montant de 300 dollars. Si vous vous retirez du projet ou s'il est mis fin à votre participation avant qu'il ne soit complété, la compensation sera proportionnelle à la durée de votre participation.

12. En cas de préjudice

En acceptant de participer à ce projet de recherche, vous ne renoncez à aucun de vos droits ni ne libérez le chercheur responsable de ce projet de recherche et l'établissement de leur responsabilité civile et professionnelle.

13. Identification des personnes-ressources

Si vous avez des questions concernant le projet de recherche ou si vous éprouvez un problème que vous croyez relié à votre participation au projet de recherche, vous pouvez communiquer avec le chercheur responsable de ce projet de recherche, Jacqueline Rousseau, au 514-340-3540, poste 3249 ou avec la candidate au doctorat, Nolwenn Lapierre au 514-340-3540, poste 4146.

Pour toute question concernant vos droits en tant que participant à ce projet de recherche ou si vous avez des plaintes ou des commentaires à formuler, vous pouvez communiquer avec le commissaire aux plaintes et à la qualité des services du CIUSSS Centre-Sud-de-l'Île-de-Montréal au 514.593.3600.

14. Surveillance des aspects éthiques du projet de recherche

Le Comité d'éthique de la recherche vieillissement-neuroimagerie a approuvé ce projet de recherche et en assura le suivi, pour les établissements du réseau de la santé et des services sociaux du Québec participants.

Pour toute information, vous pouvez communiquer avec madame Karima Bekhiti, au 514.527.9565, poste 3223.

Consentement

Titre du projet de recherche : Implantation d'un système de vidéosurveillance intelligente pour la détection des chutes en milieu de vie.

1. Consentement du participant âgé.

J'ai pris connaissance du formulaire d'information et de consentement. Je reconnais qu'on m'a expliqué le projet, qu'on a répondu à mes questions et qu'on m'a laissé le temps voulu pour prendre une décision. Après réflexion, je consens à participer à ce projet de recherche aux conditions qui y sont énoncées.

Signature du participant

Date

2. Consentement du proche-aidant.

J'ai pris connaissance du formulaire d'information et de consentement. Je reconnais qu'on m'a expliqué le projet, qu'on a répondu à mes questions et qu'on m'a laissé le temps voulu pour prendre une décision. Après réflexion, je consens à participer à ce projet de recherche aux conditions qui y sont énoncées.

Signature du proche-aidant

Date

3. Signature de la personne qui a obtenu le consentement si différent du chercheur responsable du projet de recherche.

J'ai expliqué au participant les termes du présent formulaire d'information et de consentement et j'ai répondu aux questions qu'il m'a posées.

Signature de la personne qui obtient le consentement

Date

4. Signature et engagement du chercheur responsable de ce projet de recherche

Je certifie qu'on a expliqué au participant les termes du présent formulaire d'information et de consentement, que l'on a répondu aux questions qu'il avait à cet égard et qu'on lui a clairement indiqué qu'il demeure libre de mettre un terme à sa participation, et ce, sans préjudice.

Je m'engage, avec l'équipe de recherche, à respecter ce qui a été convenu au formulaire d'information et de consentement et à en remettre une copie signée et datée au participant.

Signature du chercheur responsable du projet de recherche

Date

